

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou

Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques

Département de Biologie



Mémoire de fin d'étude



En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences Biologiques

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biologie des Populations et des Organismes

Thème

*Evaluation de portage de la leishmaniose chez les
petits rongeurs dans la wilaya de Tizi-Ouzou*

Présenté par :

Mlle GACEM Yasmina

Mlle GARAH Linna

Devant le jury composé de :

Présidente : Mme DJIOUA. O

MAA

UMMTO

Promotrice : Mme BENIKHLEF. R

Maître de Recherche

IPA

Co-promotrice : Mme BRAHMI. K

Professeur à

UMMTO

Examinatrice : Mme CHAHED. S

MCB

UMMTO

Promotion : 2023/2024

Remerciements

Nous exprimons tout d'abord notre profonde gratitude à Dieu, source de savoir et de force, qui nous a guidés à travers ce parcours et nous a permis d'atteindre ce moment de bonheur et d'accomplissement.

*Nous exprimons notre profonde gratitude envers **Mme EDDAIKRA Naouel** chef de service du laboratoire d'Eco-épidémiologie parasitaire et génétique des populations.*

*Nous tenons à exprimer notre profonde reconnaissance à notre promotrice, **Mme BENIKHLEF Razika**, pour son encadrement attentif, ses précieux conseils et son accompagnement tout au long de ce travail.*

*Nous adressons également nos remerciements à notre copromotrice, **Mme BRAHMI Karima**, pour son dévouement, son esprit critique et sa disponibilité sans faille. Sa sagesse, son intelligence et sa patience nous ont été d'un grand secours.*

*Nos sincères remerciements vont également à **Mme DJIOUA**, présidente du jury, ainsi qu'à **Mme CHAHED**, examinatrice, pour avoir accepté d'évaluer ce travail.*

Nous souhaitons également remercier chaleureusement nos amis, qui ont partagé avec nous chaque étape de cette aventure.

Nous adressons nos sincères remerciements à l'ensemble des enseignants qui, par leur savoir et leur dévouement, ont contribué à notre réussite.

Dédicace

« *La meilleure reconnaissance de nos efforts est de pouvoir présenter avec bonheur et fierté le fruit de notre travail* »

Je dédie ce travail, à ceux qui occupent une place importante dans mon cœur

À mes parents

« **Arezki et Fatiha** » votre amour, votre sagesse et votre soutien m'ont toujours permis d'aller plus loin. Merci d'avoir cru en moi et pour tout ce que vous avez fait tout au long de mon parcours, Que ce mémoire soit pour vous une humble expression de ma reconnaissance et une source de fierté pour ma famille

À mon mari « Zahir Mezouane »

Ton amour et ton encouragement ont été les piliers sur lesquels je me suis appuyée pour réaliser ce mémoire. Sans toi, je ne serais jamais arrivée là où je suis aujourd'hui. Tous mes remerciements ne suffiront jamais à exprimer tout ce que tu as fait pour moi.

À mes belles-sœurs « Hakima, Farida, Fatma »

À ma belle-mère « Yamina »

À ma sœur « Siham »

Ta présence et ton amour à mes côtés ont été une source de lumière et de force dans ma vie. Malgré ton handicap, tu as toujours été là pour m'aider, et cette réussite est aussi la tienne.

Merci, ma sœur adorée

À mes sœurs et frère

« **Anaïs, Chabha, Abderrahmane, Islam** »

Pour votre soutien inconditionnel et votre présence constante, chacun d'entre vous a marqué ma vie de manière unique. Ensemble, nous avons traversé des épreuves et célébré des victoires. Votre solidarité a été la clé de mon succès. Je suis fière d'être votre grande sœur.

À ma binôme « Yasmina »

Merci pour ton travail acharné et ta détermination. Ta présence et ta compréhension ont grandement contribué à ce mémoire. Réaliser ce projet avec toi a été un vrai plaisir.

Linna

Dédicace

Je remercie Dieu, le Tout-Puissant, pour m'avoir donné la force et la patience de terminer ce travail. Sans Ses bénédictions, rien n'aurait été possible

Je dédie ce travail

*À mes chers parents, **Houcine et Lila**. Votre amour inconditionnel, votre soutien constant et vos sacrifices ont été ma lumière tout au long de ce parcours. Grâce à votre éducation, vos valeurs et vos encouragements, j'ai pu surmonter chaque obstacle et atteindre cet objectif. Ce mémoire est le fruit de votre confiance et de vos efforts. Je vous en serai éternellement redevable. Je suis fière d'être votre
fille*

*À mon frère **Marzouk**. Ton amitié, ta complicité et ta bonne humeur ont illuminé mes journées. Merci d'avoir toujours été présent pour moi, dans les bons comme dans les mauvais moments. Tu es bien plus qu'un frère, tu es mon confident et
mon allié*

*À ma sœur **Sadia**, merci pour ton soutien constant et ton amour inébranlable. Ta présence et tes encouragements ont été un réconfort précieux durant ce parcours. Tu es bien plus qu'une sœur, tu es une amie et une source
d'inspiration.*

*À mon fiancé **Amirouche Nanouche**, ton soutien et ton amour m'ont donné la force de poursuivre et de réussir. Tu as été mon roc et ma source de réconfort dans chaque étape de ce parcours. Je te dédie ce mémoire avec toute ma
gratitude et mon affection*

*.À ma binôme **Linna**, merci pour tout. Ce travail reflète notre effort commun et
notre persévérance.*

*À ma chère amie **Kenza**, merci pour ton soutien tout au long de ce projet. Ta présence a été précieuse et je suis heureuse de t'avoir à mes côtés.*

*À tous mes proches, merci pour votre amour et votre soutien. Vous avez
tous contribué à la réussite de ce travail*

Yasmina

Liste des abréviations

- **ADN** : Acide Désoxyribonucléique
- **ARN** : Acide ribonucléique
- **BET** : Bromure d’Ethidium
- **EDTA** : Acide éthylène diamine tétra-acétique
- **ITS1** : Internal transcribed spacer 1
- **LC** : Leishmaniose cutanée
- **LCM** : Leishmaniose Cutanéomuqueuse
- **LCZ** : Leishmaniose cutanée zoonotique
- **LNI** : Larbaâ Nath Irathen
- **LV** : Leishmaniose Viscérale
- **Mm** : Millimètre
- **OMS** : Organisation Mondiale de la Santé
- **ONM** : Office National Météorologie
- **ORL** : Oto-Rhino-Laryngologie
- **PCR** : polymérase chaîne réaction
- **REM** : Relevé Epidémiologique Mensuel
- **SDS** : DodecylSulfate Sodium
- **TAE** : Tris Acétate EDTA
- **TE** : Tris-EDTA.
- **UV** : Ultra-violet
- **V** : Voltes
- **µm** : Micromètre
- **µl** : Microlitre

Glossaire

- **Zoonotique** : Relatif aux zoonoses, maladies transmissibles des animaux aux humains.
- **Kinétoplaste**: Organite présent dans certains protozoaires (comme les trypanosomes) qui contient de l'ADN circulaire et joue un rôle important dans la motilité et l'énergie cellulaire.
- **Hématophages** : Organismes, souvent des insectes (comme les moustiques ou les tiques), qui se nourrissent du sang d'autres animaux pour survivre.
- **Crépusculaire** : Se dit des espèces animales qui sont principalement actives au crépuscule, c'est-à-dire au lever ou au coucher du soleil, comme certaines espèces de chauves-souris.
- **Pernicieux** : Référence à une espèce ou un processus dangereux ou néfaste.
- **Réticulo-histocytaire** : Relatif aux cellules du système réticulo-endothélial impliquées dans la phagocytose.
- **Hépatosplénomégalie** : Augmentation du volume du foie et de la rate.
- **Plantigrades** : Mammifères qui marchent en posant toute la plante des pieds sur le sol, comme les ours et les humains.
- **Lyse cellulaire** : Processus de rupture de la membrane cellulaire entraînant la libération de son contenu, souvent utilisé en laboratoire pour extraire les composants intracellulaires.
- **La précipitation** : Processus par lequel une substance dissoute se sépare d'une solution sous forme solide.
- **La déprotéinisation** : Élimination des protéines d'un échantillon, souvent pour préparer une analyse.
- **Nanodrop** : Appareil utilisé pour mesurer la concentration d'acides nucléiques ou de protéines dans des échantillons de très faible volume.
- **Thermocycleur** : Machine utilisée pour amplifier des segments d'ADN par la technique de PCR (réaction en chaîne par polymérase), en contrôlant des cycles répétés de température.
- **Électrophorèse** : Technique utilisée pour séparer les molécules, comme les acides nucléiques, en fonction de leur taille et de leur charge électrique.
- **Acides nucléiques** : Biomolécules (comme l'ADN et l'ARN) essentielles à la vie, car elles contiennent et transmettent l'information génétique dans les cellules.

- **Bromure d'éthidium** : Colorant fluorescent utilisé pour visualiser les acides nucléiques sous lumière UV après une électrophorèse sur gel, bien que son utilisation soit limitée en raison de sa toxicité.
- **UV trans-illuminateur** : Appareil qui utilise la lumière ultraviolette pour visualiser des molécules, souvent utilisé avec des gels d'électrophorèse contenant de l'ADN.

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure 01 : (A) Forme amastigote, (B) Forme promastigote..... | 4 |
| Figure 02 : Femelle du phlébotome..... | 5 |
| Figure 03 : Cycle de parasite <i>leishmania</i> | 6 |
| Figure 04 : Répartition géographique de la LC..... | 8 |
| Figure 05 : Répartition géographique de LV..... | 8 |
| Figure 06 : Répartition de la LC et de la LV en Algérie..... | 9 |
| Figure 07 : photos de <i>Merions shawi</i> (gauche), et <i>Psammomys obesus</i> (droite)..... | 10 |
| Figure 08 : Carte administrative de la wilaya de Tizi-ouzou originale modifiée..... | 13 |
| Figure 09 : Carte représente les stations d'échantillonnages..... | 15 |
| Figure 10 : Différents stations d'échantillonnages..... | 15 |
| Figure 11 : Pièges Sherman de différentes taille (A) Petite, (B) moyen, (C) grand, placé pour capturer les rongeurs..... | 17 |
| Figure 12 : (A) piège collante placé, (B) piège collant capturé deux rongeurs..... | 17 |
| Figure 13 : Mensuration la queue d'un rongeur..... | 18 |
| Figure 14 : Mensurations morphométriques prises sur les rongeurs..... | 18 |
| Figure 15 : les étapes de la dissection des petits rongeurs..... | 20 |
| Figure 16 : Protocole d'extraction d'ADN..... | 22 |
| Figure 17 : Dosage des extraits d'ADN par le Nanodrop..... | 23 |
| Figure 18 : Préparation de mix..... | 24 |
| Figure 19 : Programmation de Thermocycleur..... | 25 |

| | |
|---|----|
| Figure 20 : Protocole d'électrophorèse sur gel d'agarose..... | 26 |
| Figure 21 : Évolution temporelle de la LC et LV au fil du temps (2013-2023)..... | 27 |
| Figure 22 : les valeurs annuelles des températures moyennes durant 2013-2023..... | 28 |
| Figure 23 : Les valeurs annuelles des précipitations moyennes durant 2013-2023..... | 29 |
| Figure 24 : Les valeurs annuelles de l'humidité moyenne durant 2013-2023..... | 30 |
| Figure 25 : Les valeurs annuelles de vent moyen durant 2013-2023..... | 31 |
| Figure 26 : Répartition des rongeurs selon le site de capture | 32 |
| Figure 27 : Répartition des rongeurs capturés selon le sexe..... | 34 |
| Figure 28 : Nombre de rongeurs capturés par site d'échantillonnage et par espèce..... | 35 |
| Figure 29 : Photo de rongeurs capturé : (A) <i>Mus Musculus</i> , (B) <i>Lemniscomys barbarus</i> , (C) <i>Mus Musculus</i> , (D) <i>Rattus rattus</i> , (E) <i>Ratus norvegicus</i> | 35 |
| Figure 30 : Distribution de la concentration des ADN extraits des différents organes..... | 36 |
| Figure 31 : Distribution du rapport 260/280 et 260/230 des ADN extraits des différents Organes..... | 37 |
| Figure 32 : Résultats de la PCR ITS'1 sur gel d'agarose..... | 39 |

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : les principaux réservoirs de <i>Leishmania</i> | 5 |
| Tableau 2 : Quelques espèces des petits rongeurs dans la wilaya de Tizi-Ouzou..... | 11 |
| Tableau 3 : Localisations des stations d'échantillonnages..... | 16 |
| Tableau 4 : Caractéristique de l'ITS1..... | 24 |
| Tableau 5 : Programme du thermocycleur pour ITS1..... | 25 |
| Tableau 6 : Résultat de capture des rongeurs selon le type des pièges..... | 32 |
| Tableau 7 : Mensurations corporelles des rongeurs capturés dans les sites d'échantillonnages..... | 33 |
| Tableau 8 : Répartition des espèces de rongeurs identifiés sur les sites d'échantillonnages..... | 34 |
| Tableau 9 : Résultats de la PCR-ITS1 chez les rongeurs..... | 38 |

Table des matières

Remerciements

Dédicace

Liste des abréviations

Glossaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Sommaire

Introduction..... 1

Chapitre I : Rappel bibliographique

I.1.- Généralité sur les leishmanioses 3

I.1.1.- Définition..... 3

I.1.2.- Le parasite..... 3

I.1.2.1.- Taxonomie..... 3

I.1.2.2.- Morphologie du parasite..... 3

I.1.3.- Le vecteur..... 4

I.1.4.- Le réservoir..... 5

I.1.5.- Cycle de parasite..... 6

I.1.6.- Les formes de leishmanioses..... 7

I.1.6.1.- La leishmaniose cutanée (LC)..... 7

| | |
|--|-----------|
| I.1.6.2.- La leishmaniose viscérale (LV)..... | 7 |
| I.1.6.3.- La leishmaniose cutanéomuqueuse (LCM)..... | 7 |
| I.1.7.- Répartition géographique des leishmanioses..... | 8 |
| I.1.7.1.- Dans le monde..... | 8 |
| I.1.7.2.- En Algérie..... | 9 |
| 2.- Rôle des rongeurs dans le cycle de transmission des <i>Leishmania</i> | 9 |
| I 2.1.- Définition..... | 9 |
| I 2.2.- Classification..... | 10 |
| I 2.3.- Les rongeurs réservoirs en Algérie..... | 10 |
| I 2.4.- Les rongeurs dans la région de Tizi Ouzou..... | 11 |
| I 3.- Effet du climat sur l'évolution des rongeurs et les leishmanioses | 12 |
| I.3.1.- Les facteurs climatiques..... | 12 |
| I.3.1.1.- Température..... | 12 |
| I.3.1.2.- Précipitations..... | 12 |
| I.3.1.3.- Humidité..... | 12 |
| I.3.1.4.- Vent..... | 12 |
| I.3.2.- Les facteurs biotiques..... | 12 |

Chapitre II : Matériel et méthodes

| | |
|------------------------------|-----------|
| II.1.- Matériel | 13 |
| III.1.- Zone de l'étude..... | 13 |

| | |
|--|----|
| II.1.2.- Matériel non biologique..... | 14 |
| II.1.2.1 Données épidémiologiques des cas de leishmanioses dans la wilaya de Tizi-Ouzou | 14 |
| II.1.2.2.- Données climatologiques de la wilaya de Tizi-Ouzou..... | 14 |
| II.1.3.- Matériel biologique..... | 14 |
| II.2.-Méthodes | 14 |
| II.2.1.- Origine et capture des Rongeurs..... | 14 |
| II.2.1.1.- Choix des stations..... | 14 |
| II.2.2.- Méthodes utilisées sur le terrain..... | 16 |
| II.2.2.1.- Capturer des rongeurs..... | 16 |
| II.2.2.1.1.- Pièges Sherman..... | 16 |
| II.2.2.1.2.- Pièges collants..... | 17 |
| II.2.3.- Méthodes utilisées au laboratoire..... | 17 |
| II.2.3.1- Identifications des rongeurs capturés..... | 17 |
| II.2.3.2.- Dissection des petits rongeurs capturés..... | 19 |
| II.2.3.3.- Détections moléculaires de parasites <i>Leishmania</i> chez les rongeurs..... | 21 |
| II.2.3.3.1.1.- Extraction d'ADN..... | 21 |
| II.2.3.3.1.2.- La Lyse cellulaire..... | 21 |
| II.2.3.3.1.3.- La déprotéinisation..... | 21 |
| II.2.3.3.1.3.- La précipitation..... | 21 |
| II.2.3.3.2.- Dosage de l'ADN..... | 23 |

| | |
|--|----|
| II.2.3.3.3.- La PCR (polymerasechainreaction)..... | 23 |
| II.2.3.3.3.1.- Préparation de Mix..... | 24 |
| II.2.3.3.3.1.- Révélation des produits PCR par électrophorèse sur gel d'agarose..... | 25 |

Chapitre III : Résultats

| | |
|--|-----------|
| III.1.- Évolution temporelle des cas de LC et de LV enregistrées entre 2013 et 2023 dans la Région de Tizi-Ouzou..... | 27 |
| III.2.- Analyse des données climatologiques enregistrées entre 2013 et 2023 dans la région de Tizi-Ouzou | 28 |
| III.2.1.- La température..... | 28 |
| III.2.2.- Les précipitations..... | 29 |
| III.2.3.- L'humidité..... | 30 |
| III.2.4.- Le vent..... | 30 |
| III.3.- Etude des rongeurs capturés dans la wilaya de Tizi-Ouzou..... | 31 |
| III.3.1.- Répartition des rongeurs selon le site de piégeage..... | 31 |
| III.3.2.-Répartition des rongeurs selon le type des pièges..... | 32 |
| III.3.3.- Identification morphologique des rongeurs..... | 33 |
| III.3.3.1.- Selon la morphologie corporelle..... | 33 |
| III.3.3.2.- Selon le sexe..... | 33 |

| | |
|--|----|
| III.3.3.3.- Selon l'espèce..... | 34 |
| III.4.- Etude moléculaire..... | 36 |
| III.4.1.- Dosage de d'ADN..... | 36 |
| III.4.2.- Evaluation de la qualité des extraits d'ADN..... | 36 |
| III.4.3.- Détection par PCR de <i>Leishmania</i> chez les rongeurs de l'étude..... | 37 |

Chapitre IV : Discussion

| | |
|---|----|
| IV.1.- Évolution des cas de LC et de LV dans la région de Tizi-Ouzou..... | 40 |
| IV.2.- Effet du climat sur le cycle de transmission du parasite dans la région de Tizi-Ouzou | 40 |
| IV.3.- Les petits rongeurs dans la région de Tizi-Ouzou..... | 41 |
| IV.4.- Détection moléculaire des petits rongeurs par <i>Leishmania</i> | 43 |
| Conclusion | 44 |
| Références bibliographiques | 45 |

Résumé

Introduction

Introduction

Les leishmanioses sont des maladies à transmission vectorielle causées par des parasites protozoaires obligatoires du genre *Leishmania*. Elles sont endémiques dans de vastes régions des tropiques, subtropicales et du bassin méditerranéen (Akhoundi et al., 2016). De nos jours les leishmanioses représentent un défi de santé publique majeur dans de nombreux pays. Selon l’OMS, environ 350 millions de personnes réparties dans 98 pays sont exposées à cette maladie, avec un nombre de nouveaux cas annuels variant entre 1,5 et 2 millions (OMS, 2021). Cette situation pourrait empirer en raison du réchauffement climatique qui favorise la propagation de la leishmaniose (OMS, 2022).

La leishmaniose, qu’elle soit sous forme cutanée ou viscérale, pose un défi majeur pour la santé publique en Algérie. En effet, l’Algérie se classe au deuxième rang mondial après l’Afghanistan pour le nombre de cas de leishmaniose cutanée (LC), (Eddaikra et al., 2018 ; Benikhlef et al., 2021). Au cours de la période allant de 1982 à 2017, plus de 252 659 cas de LC ont été enregistrés dans le pays (Benikhlef et al., 2021). Par ailleurs, la leishmaniose viscérale (LV) a été notifiée avec 1442 cas entre 1998 et 2008 (Eddaikra et al., 2018).

La leishmaniose se propage par la piqûre des phlébotomes femelles infectés, dont les réservoirs sont des animaux tels que des canidés, des rongeurs, des marsupiaux, des damans ou des êtres humains (Akhoundi et al., 2016). Actuellement, quelques animaux sont confirmés comme réservoirs et porteur du parasite *Leishmania*. Parmi eux, le chien qui est incriminé comme réservoir principal de *L. infantum*, l’agent causal de la LV (Harrat, Pratlong et al., 1996) et la LC sporadique du nord de l’Algérie (Benikhlef et al., 2004 ; Benikhlef et al., 2008). *Meriones shawii* et *Psammomys obesus* sont des rongeurs réservoirs de *L. major* (Belazzoug, 1983, Belazzoug, 1986). D’autres réservoirs infectés par *Leishmania* ont été rapporté par certains auteurs comme le Chacal dans la région de Tizi-Ouzou ((Bessad et al., 2012) et l’hérisson dans la région de M’Sila (Míriam Tomás-Pérezes et al., 2014).

L’objectif de cette étude est de chercher d’autres réservoirs qui peuvent être impliqués dans le cycle de transmission de *Leishmania*. Ainsi nous avons vérifié à travers notre étude la possibilité du portage du parasite *Leishmania* chez les petits rongeurs capturés dans la wilaya de Tizi-Ouzou.

Introduction

Notre travail est structuré en quatre chapitres distincts :

- Le premier chapitre présente les généralités sur les leishmanioses, le rôle des rongeurs dans le cycle de transmission, ainsi que l'influence du climat sur l'évolution de cette maladie.
 - Le deuxième chapitre décrit la région étudiée, ainsi que les différentes méthodes et matériels utilisés pour mener à bien notre travail.
 - Le troisième chapitre expose les résultats obtenus
 - Le quatrième chapitre est consacré à la discussion des résultats.

Nous terminons par une conclusion et quelques perspectives.

Chapitre I
Rappel bibliographique

Dans ce chapitre, nous aborderons les généralités sur la leishmaniose, le rôle des rongeurs dans son cycle de transmission, ainsi que l'effet du climat sur l'évolution de cette maladie.

I.1.-Généralité sur les leishmanioses

I.1.1.-Définition

Les leishmanioses sont des affections parasitaires dues à l'infection humaine par un protozoaire flagellé du genre *Leishmania*. Principalement zoonotiques, les *Leishmania* affectent une large variété de mammifères domestiques et sauvages et sont transmises dans la nature par la piqure infectante d'un phlébotome vecteur (Dedet, 1998).

I.1.2.-Le parasite

Leishmania est le parasite protozoaire responsable de plusieurs pathologies regroupées sous le nom de leishmaniose (Dedet, 1998).

I.1.2.1.-Taxonomie

D'après Ripert et Pajot(1996), la classification du genre *Leishmania* est faite comme suit:

- **Sous-règne** : Protozoa (Goldfuss,1817)
- **Phylum** : Sarcomastigophora (HonigbergeretBalamuth,1963).
- **Sous-Phylum** : Mastigophora (Diesing,1886).
- **Classe** : Zoomastigophores (Calkins,1909)
- **Ordre** : Kinetoplastida (Honigberg,1963).
- **Sous-ordre** : Trypanosomatina (Kent,1880).
- **Famille** : Trypanosomatidae (Döflein,1901).
- **Genre** : *Leishmania* (Ross,1903).

I.1.2.2.-Morphologie du parasite

Le parasite *Leishmania* existe sous deux formes distinctes au cours de son cycle évolutif. La forme « promastigote » est flagellée et libre dans le tube digestif du vecteur (invertébrés) ou en culture. Elle se présente sous forme allongée, mesurant environ 20 µm de long et 1 à 4 µm de large, avec la présence d'un kinétoplaste situé entre le noyau et la base du flagelle. La deuxième forme « amastigote » est intracellulaire dans les macrophages de l'hôte vertébré. Cette forme est arrondie et immobile, mesurant de 2 à 6 µm de taille, avec un kinétoplaste intensément coloré (Mokni, 2019), (Figure 01).

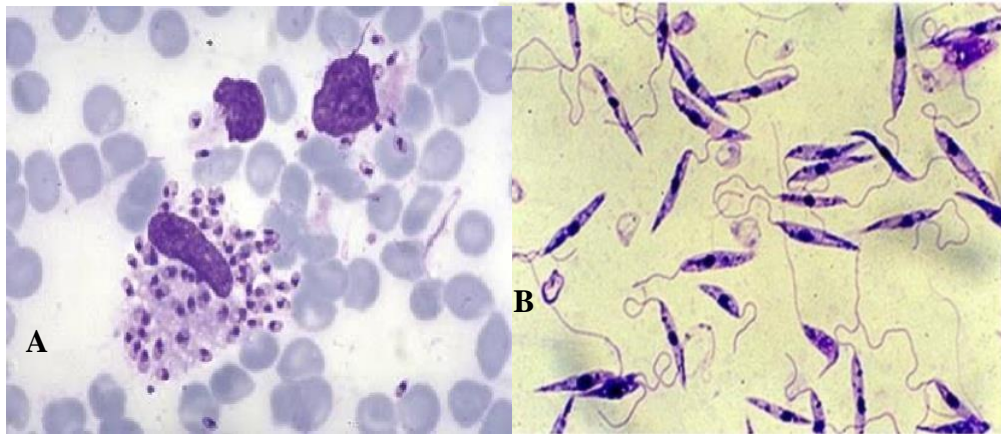


Figure 01 :(A) Forme amastigote (Gr $\times 100$) (Meksi, 2012), (B) Forme promastigote (Gr $\times 100$) (Hjira et *al.*, 2014) .

I.1.3.-Le vecteur

Les phlébotomes sont les vecteurs de la plupart des espèces de *Leishmania*, responsables de la leishmaniose chez les humains et les animaux (Dvorak et *al.*, 2018). Ce sont des insectes dont les femelles sont hémaphages (François, 1990), se nourrissant du sang (Figure 02) d'une variété d'hôtes, ce qui leur permet de propager les agents pathogènes responsables de cette maladie (Kadjoudi, 2022). Ils sont présents dans les pays tempérés et tropicaux, et leurs adultes ont une activité crépusculaire et nocturne, volant silencieusement. Leur piqûre est douloureuse car ces insectes déchirent les téguments avec leurs appareils buccaux pour aspirer le sang (Ripert, 1996).

Les phlébotomes appartiennent à l'ordre des Diptères, à la famille des Psychodidés, à la sous-famille des Phlebotominae (Leger & Depaquit, 2001). Seuls 10 % d'entre eux sont vecteurs de maladies (Mellano, 2016). Ils se caractérisent par un corps grêle et allongé, de petite taille, mesurant de 2 à 3 mm de longueur. Leur couleur est généralement claire, variant du jaune pâle au brun, et ils sont à peine visibles à l'œil nu. La tête de l'insecte forme un angle de 45° par rapport au thorax, ce qui lui confère une apparence bossue (Izri et *al.*, 2006).



Figure 02 : Femelle du phlébotome (Gr×40) (Rostan, 2013).

I.1.4.-Le réservoir

Les leishmanioses sont avant tout des zoonoses, ce qui implique que les réservoirs naturels ou potentiels sont des mammifères, qu'ils soient domestiques ou sauvages où le parasite s'installe dans les cellules du système des phagocytes mononuclées de ces animaux (Derreure, 1999). Les mammifères qui peuvent servir de réservoirs varient selon les espèces de *Leishmania* (tableau1) et incluent les chiens, les chats, les rongeurs, les marsupiaux et l'homme accidentellement (Derreure, 1999).

Tableau 1 : les principaux réservoirs de *Leishmania* (Dedet, 2013)

| Formeclinique | Parasite | Localisation géographique | Réservoir |
|------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| Leishmaniose cutanée (LC) | <i>L. tropica</i> | Méditerranée | Homme |
| | <i>L. major</i> | Asie et Moyen-Orient | Chien |
| | <i>L. infantum</i> | Asie et Afrique | Rongeurs |
| | <i>L. aethiopica</i> | Afrique de l'Est | |
| Leishmaniose Viscérale (LV) | <i>L. donovani</i> | Inde ++, | Homme |
| | <i>L. infantum</i> | Afrique de l'Est, Méditerranée, Asie | Chien Canidés sauvages |
| Leishmaniose Cutanéomuqueuse (LCM) | <i>L. braziliensis</i> | Amérique centrale | Chien |
| | <i>L. donovani</i> | Afrique de l'Est | Chat |
| | <i>L. major</i> | Maghreb | Homme Rongeur |

I.1.5.-Cycle de parasite

Le cycle de vie du parasite est hétéroxène alternant entre un hôte mammifère et des insectes vecteurs (killick-kendrick, 1999), (Figure 03).

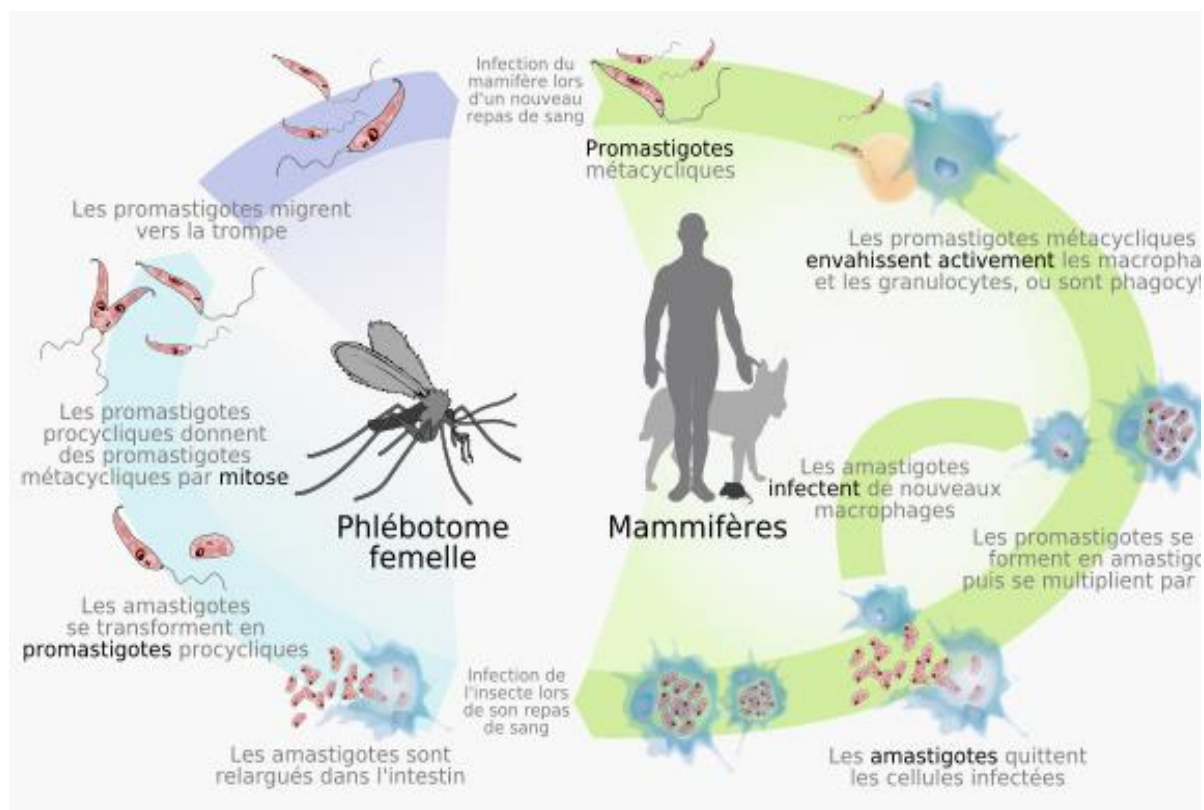


Figure 03 : Cycle de parasite leishmania (Zeroual, 2022)

- **Chez le vecteur**

Le développement du parasite commence lorsque les phlébotomes femelles ingèrent du sang contenant des macrophages infectés par des amastigotes, qui se transforment en promastigotes pro-cyclique. Environ 48 à 72 heures plus tard, les parasites commencent à ralentir leur répllication et à se différencier en promastigotes nectomonas longs et fortement mobiles, qui se dirigent vers la lumière de l'intestin moyen. Ils se développent plus tard en de courts promastigotes nectomonas. A la fin, les *Leishmania* se transforment en stades promastigotes méta- cycliques très infectueuses (Dostálová et Volf, 2012).

- **Chez l'hôte mammifère**

Les *Leishmania*, sous forme de promastigotes métacycliques, infectent les macrophages, qui représentent les cellules hôtes définitives du parasite. Après phagocytose des parasites par le macrophage, les promastigotes se différencient en amastigotes et se divisent activement. La multiplication des formes amastigotes aboutissent à l'éclatement de la cellule hôte (PetitDidier, 2015).

I.1.6.-Les formes de leishmanioses

Les leishmanioses se distinguent par leur grande diversité, et l'on peut généralement les classer en trois principales catégories (Khiati, 1992).

I.1.6.1.-La leishmaniose cutanée (LC)

La leishmaniose cutanée se manifeste par des lésions inflammatoires, souvent ulcérées et surinfectées, qui guérissent spontanément en quelques mois à quelques années, laissant des cicatrices permanentes (Louzir et *al.*, 2013). Les espèces du parasite influence l'apparence des lésions : *L. major* provoque des ulcérations cutanées sévères et enflammées, *L. tropica* se caractérise par des ulcérations sèches, *L. infantum* entraîne généralement une seule lésion nodulaire sur le visage, sans croûte ni ulcération (OMS,2014).

I.1.6.2.-La leishmaniose viscérale (LV)

C'est la forme la plus sévère de la leishmaniose, causée par différents complexes incluant *L.donovani* et *L. infantum* (Rhamirich, 2012). Elle se caractérise par invasion de l'ensemble du système réticulo-histocytaire (foie, la rate, les ganglions lymphatiques et la moelle osseuse), (Larivière, 1987). Les symptômes caractéristiques regroupent la perte de poids, la fièvre, des frissons, des nausées, et une hépato-splénomégalie (Rhamirich,2012).

I.1.6.3.-La leishmaniose cutanéomuqueuse (LCM)

Elle est principalement causée par *Leishmania braziliensis*, est également désignée en Amérique du Sud sous le nom Espundia (OMS, 1999). Cette affection se caractérise par des ulcérations qui se propagent aux muqueuses, notamment dans le nez, la bouche et les conjonctives, pouvant causer des dommages importants. Elle peut se compliquer dans 1 à 3% des cas après plusieurs années, avec des métastases touchant les muqueuses de la sphère otorhino-laryngologie (ORL), menant à une perforation de la cloison nasale (Bouchaud et *al.*, 2019).

I.1.7. -Répartition géographique des leishmanioses

I.1.7.1. -Dans le monde

En 2021, 221 953 nouveaux cas de LC et 11 743 nouveaux cas de LV ont été notifiés à l’OMS. La majorité des cas de LC (plus de 95%) se sont produits dans les régions de la Méditerranée orientale et des Amériques (figure 04), tandis que la LV était plus répandue en Afrique (40%), en Méditerranée orientale (40%) et dans les Amériques (16%) (figure 05). Les foyers de la LC et de LV ont été identifiés dans plusieurs pays : neuf pays (Afghanistan, Algérie, Brésil, Colombie, Irak, Pakistan, Pérou, République arabe syrienne et République islamique d’Iran) endémique de la LC, et quatre pays (Brésil, Kenya, Inde et Soudan) endémique de la LV (OMS, 2022).

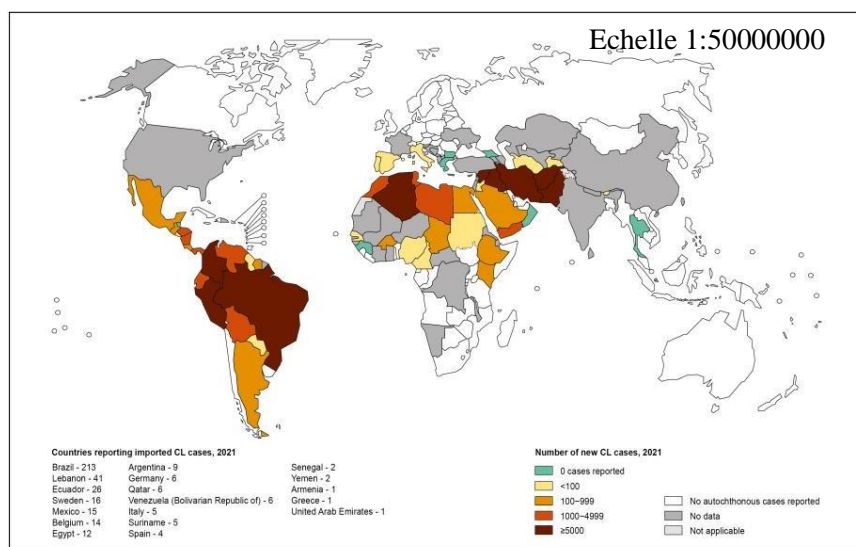


Figure 04 : Répartition géographique de la Leishmaniose cutané (OMS, 2021)

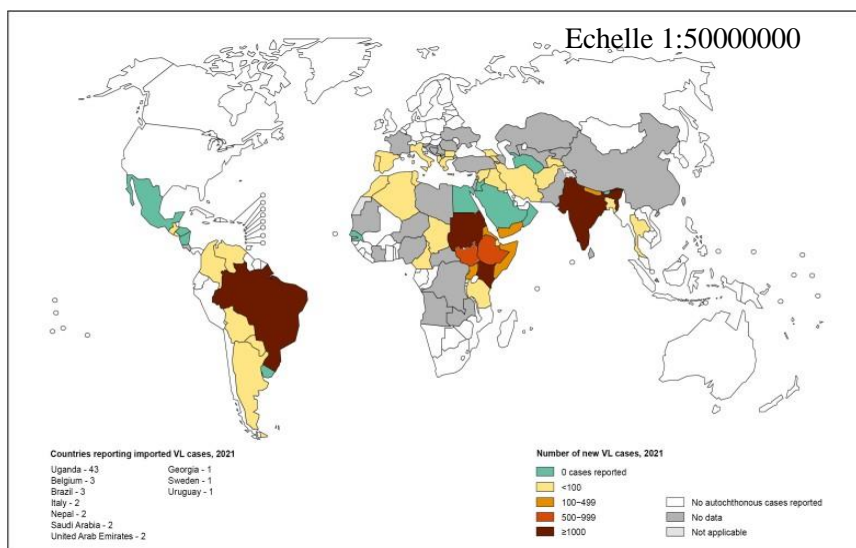
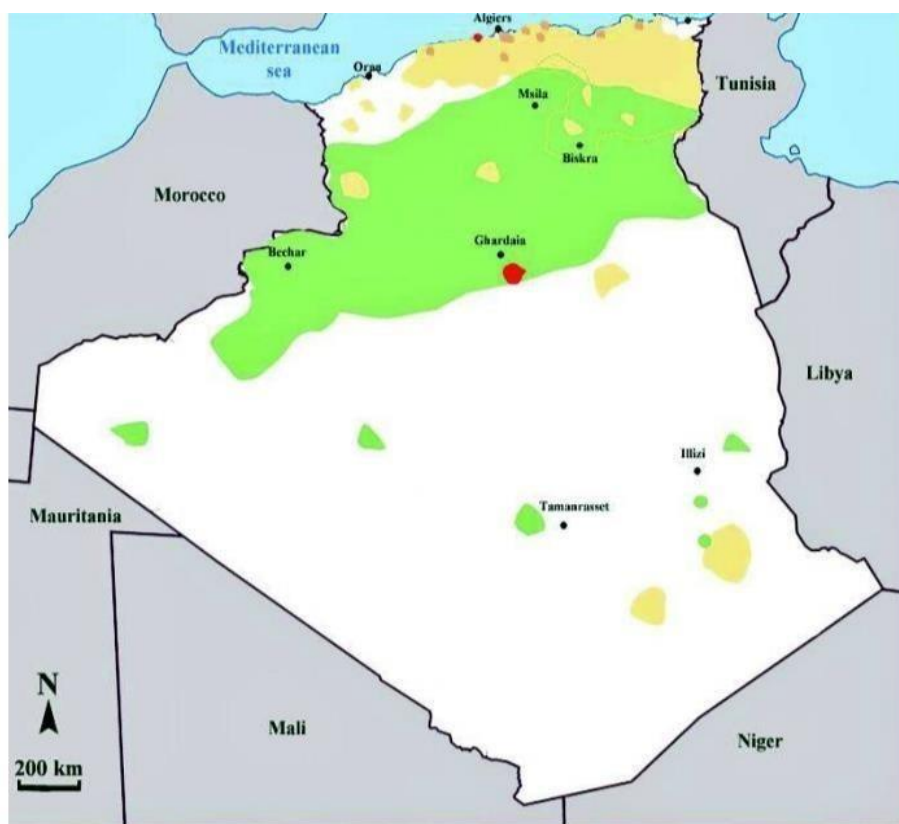


Figure 05 : Répartition géographique de Leishmaniose vésicrale (OMS, 2021)

I.1.7.2 -En Algérie

En Algérie, la leishmaniose c'est la principale maladie parasitaire, représentant 35% des maladies à déclaration obligatoire (Tomas-Pérez et *al.*, 2014). Deux types de leishmanioses sont endémiques : la LV et la LC.

La LV est actifs dans des foyers qui se trouvent plutôt au nord, dans les montagnes de la petite et la grande grande Kabylie (Frahtia, 2015). Par ailleurs, la LC d'abord limitée aux régions steppiques arides des hauts plateaux, s'est ensuite répandue vers les zones semi-arides (Belazzoug, 1982 ; Rioux et *al.*, 1986) et le nord de l'Algérie (Boutrissa et *al.*, 1990). (Figure 06).



● *L. major* LC ● *L. infantum* LV ● *L. infantum* LC ● *L. killicki* LC.

Figure 06 : Répartition de la LC et de la LV en Algérie (Eddaikra, 2018)

I.2.-Rôle des rongeurs dans le cycle de transmission des *Leishmania*

I.2.1.-Définition

Les rongeurs sont des mammifères plantigrades caractérisés par leur dentition. Ils présentent une grande diversité et représentent 40% des mammifères (Le Louarn et Quéré, 2003). Ils possèdent un corps lourd avec une partie postérieure bien développée et un tube

digestif particulièrement long. La tête est mal dégagée du corps (Quéré et Le Louar, 2011) Les rongeurs sont des mammifères adaptés aux habitats terrestres et arboricoles, et d'après plusieurs études les rongeurs seraient responsables des transmissions de maladies comme la LC (Karmaoui et *al.*, 2022).

I.2.2.-Classification des rongeurs

La classification repose sur des caractères morphologiques tels que les mensurations corporelles, la dentition, la forme de crâne. La fragilité et le traitement fastidieux et délicat du crâne des petits rongeurs conduit souvent à l'utilisation des mesures corporelles comme éléments essentiel de classification (Souttou et *al.*, 2014).

Selon Wilson et Reedr (2005), les rongeurs appartiennent à la classe des mammifères (Mammalia) et l'ordre des rongeurs (Rodentia). Carleton et Musser (2005) divisent les rongeurs en 5 sous-ordres : Sciuromorpha (3 familles), Castorimorpha (3 familles), Myomorpha (7 familles), Anomaluromorpha (2 familles) et Hystricomorpha (18 familles).

I.2.3.-Les rongeurs réservoirs en Algérie

La présence de la leishmaniose chez les petits rongeurs a été confirmée à l'échelle mondiale, y compris en Algérie, où elle a été observée dans certaines régions spécifiques. *Psammomys obesus* et *Merions Shawi* sont les principaux réservoirs de la leishmaniose cutanée zoonotique (LCZ) qui est causée par *L. major* en Algérie (Belazzoug, 1983, Belazzoug, 1986), tandis que *Massouteria mzabi* pourrait être un réservoir de *L. tropica* agent de la forme chronique de la LC (LCC) signalée à Ghardaia (Harrat et *al.*, 2009 ; Benikhlef et *al.*, 2021). (Figure 07)










Figure 07 : photos de *Merions shawi* (gauche) (Eddaikra et *al.*, 2011), et *Psammomys obesus* (droite) (Rudloff, 2020).

I.2.3.-Les rongeurs dans la région de Tizi Ouzou

La wilaya de Tizi Ouzou héberge une faune riche en rongeurs (tableau 2), caractérisée par une variété d'espèces aux habitats et modes de vie distincts. Parmi les espèces recensées, on trouve le Rat noir (*Rattus rattus*) présent à Draa El Mizane (Benmahdi, 2018). Dans la région de Bouzgane, le Lérot (*Eliomys quercinus*) et le Rat rayé (*Lemniscomys barbarus*) cohabitent et le Porc-épic (*Hystrix cristata*) affectionne quant à lui les zones boisées et rocheuses (Brahmi, 2005), tandis que la Gerbille champêtre (*Gerbillus campestris*) préfère les milieux arides et semi-arides de Yakouren (Khidas, 1993). Enfin, la Souris sauvage (*Mus spretus*) et la Souris grise (*Mus musculus*) sont présentes dans la région de Boukhalfa (Khammes et al., 2006).

Tableau 2 : Quelques espèces des petits rongeurs ont été recensées dans les régions de Tizi-Ouzou

| Régions | Ordre | Familles | Espèces | Noms communs | Images | Référence |
|----------------|----------|-------------|-----------------------------|--------------------|---|---------------------|
| Draa El Mizane | Rodentia | Muridae | <i>Rattus rattus</i> | Rat noir |  | Benmahdi, (2018) |
| Bouzgane | Rodentia | Gliridae | <i>Eliomys quercinus</i> | Lérot |  | Brahmi (2005) |
| | | Muridae | <i>Lemniscomys barbarus</i> | Rat rayé |  | Brahmi (2005) |
| | | Hystricidae | <i>Hystrix cristata</i> | Porc-épic |  | Brahmi (2005) |
| Yakouren | Rodentia | Muridae | <i>Gerbillus campestris</i> | Gerbille champêtre |  | Khidas (1993) |
| Boukhalfa | Rodentia | Muridae | <i>Mus spretus</i> | Souris sauvage |  | Khammes et al, 2006 |
| | | | <i>Mus Musculus</i> | Souris grise |  | Khidas (1993) |

I.3.-Effet du climat sur l'évolution des rongeurs et les leishmanioses

I.3.1.-Les facteurs climatiques

Les facteurs climatiques influencent la prolifération des rongeurs et des phlébotomes, augmentant ainsi les risques de transmission des leishmanioses (Gaouaoui et *al.*, 2017).

I.3.1.1.-Température : Une température élevée accélère le métabolisme des phlébotomes, augmentant leur capacité à transmettre la leishmaniose, mais des périodes de chaleur prolongées peuvent limiter cette capacité (Bounoua et *al.*, 2013 ; Gaouaoui et *al.*, 2017).

I.3.1.1.-Précipitations : Les précipitations influencent la densité de la végétation, ce qui affecte la disponibilité des habitats pour les rongeurs et les phlébotomes. Une augmentation des précipitations peut donc favoriser la prolifération des réservoirs et des vecteurs de la maladie (Bounoua et *al.*, 2013).

I.3.1.2.-Humidité : L'humidité favorise la prolifération des vecteurs et des réservoirs, augmentant ainsi la prévalence de la leishmaniose (Gaouaoui et *al.*, 2017).

I.3.1.3.-Vent : Le vent exerce une influence négative sur la transmission de la leishmaniose, car une augmentation de sa vitesse inhibe le vol des phlébotomes, réduisant ainsi la propagation de la maladie (Gaouaoui et *al.*, 2017).

I.3.2.-Les Facteurs biotiques

La région de Tizi-Ouzou présente une flore diversifiée, comprenant des espèces comme le chêne kermès et le cèdre de l'Atlas, notamment dans les zones d'altitude. Cette diversité végétale, associée à une vocation agricole marquée par des cultures maraîchères, des oliveraies, des activités d'élevage, ainsi qu'une présence importante de faune sauvage, constitue un biotope favorable au cycle des phlébotomes, vecteurs de la leishmaniose (Benmahdi, 2018). De plus, les espèces végétales jouent un rôle essentiel en fournissant des ressources alimentaires et des habitats nécessaires à la survie des rongeurs, qui peuvent également être impliqués dans la dynamique de transmission de la maladie (Sax et Brown, 2000 ; Vilà et Weiner, 2004).

Chapitre II

Matériel et méthodes

Dans le deuxième chapitre, nous aborderons la localisation géographique de la région de Tizi Ouzou ainsi que les choix des stations d'étude et les différentes méthodes utilisées sur le terrain et en laboratoire. Une partie de notre travail a été réalisée dans le laboratoire d'écologie et biologie des écosystèmes terrestres de notre faculté (l'Université de Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou) et l'autre partie au laboratoire d'éco-épidémiologie parasitaire et génétique des populations à l'Institut Pasteur de Dely Ibrahim, Alger

II.1.- Matériel

II.1.- Zone de l'étude

La wilaya de Tizi-Ouzou se situe au nord du massif du Djurdjura, à environ 100 kilomètres de la capitale Alger. Elle présente un relief montagneux fortement accidenté s'étendant sur une superficie de 2 958 km². La wilaya est située entre une longitude de 4° 2' 45 Est et une latitude de 36° 42' 42 Nord, avec une altitude de 206 mètres par rapport au niveau de la mer. Elle compte 21 daïras et 67 communes, et est bordée par la mer Méditerranée au Nord, la Wilaya de Bouira au Sud, la Wilaya de Boumerdes à l'Ouest et la Wilaya de Bejaïa à l'Est (Figure 08), (Tebiche et Latebe, 2020). La région de Tizi-Ouzou se caractérise par un climat méditerranéen tempéré chaud, où les précipitations sont plus fréquentes en hiver qu'en été, conformément à la classification de (Köppen et *al.*, 2011).

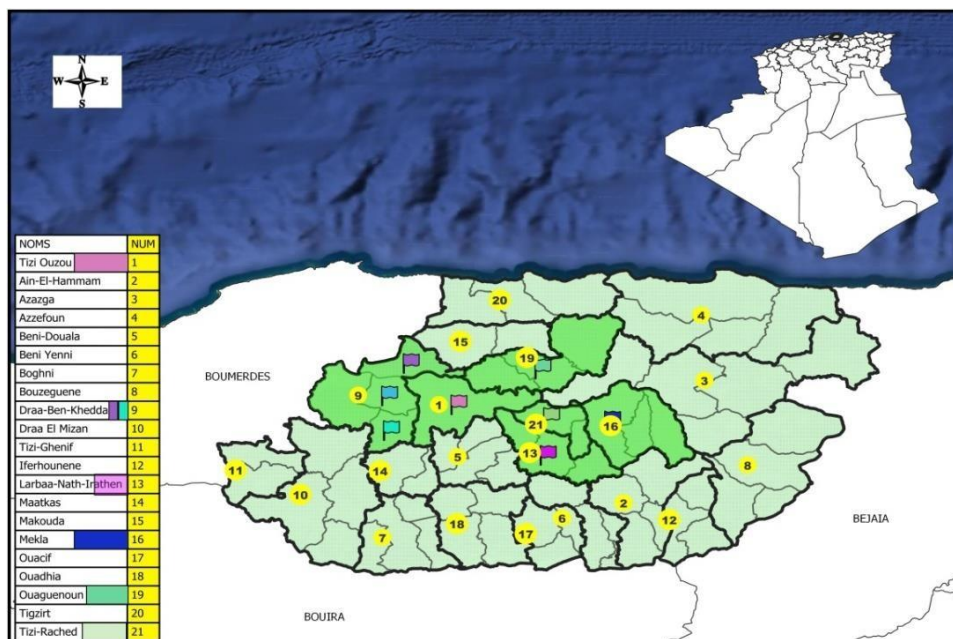


Figure 08 : Carte administrative de la wilaya de Tizi-Ouzou (ArcGis, 2024) modifiée

II.1.2.-Matériel non biologique

II.1.2.1.-Données épidémiologiques des cas de leishmanioses dans la wilaya de Tizi-Ouzou

Toutes les données épidémiologiques des cas de leishmaniose enregistrés pour les deux types, LC et LV, ont été recensées par La Direction de la santé publique (DSP) de la wilaya de Tizi-Ouzou au cours des dix dernières années (2013 - 2023).

II.1.2.2.-Données climatologiques de la wilaya de Tizi-Ouzou

Toutes les informations climatologiques concernant la température, les précipitations, l'humidité relative et le vent ont été obtenues auprès du service Office National de la Météorologie (ONM) de la wilaya de Tizi-Ouzou. Ces données couvrent la période de dix ans (2013 - 2023).

II.1.3.-Matériel biologique

Un total de 28 rongeurs ont été capturés dans différentes stations d'échantillonnage (Taboukert, Larbaa Nath Irathen, Tirmatine, Cité Bekkar, Tala N'zaouche, Hessnaoua, Timizart Loghbar, Sidi Naâmane).

II.2.- Méthodes

II.2.1.-Origine et capture des Rongeurs

II.2.1.1.-Choix des stations

Dans le but de vérifier l'implication des petits rongeurs en tant qu'hôtes réservoirs, nous avons sélectionné 8 stations d'échantillonnage durant les mois de Mars, Avril et Mai 2024. Cette sélection s'est basée sur deux critères principaux : le nombre de cas de leishmaniose dans la région et la répartition de la niche écologique des rongeurs.

Les stations d'étude choisies sont les suivantes (figure 08, figure 09) :

- **Tizi Rached (Taboukert), Makla (Tala N'Zaouche)** : Ces régions ont été identifiées comme des foyers de leishmaniose cutanée (LC) et viscérale (LV) par des études antérieures (**Bouaraba et Bosli, 2023**). Elles abritent un grand nombre de chien, principaux porteurs de la maladie, et présentent des fermes et élevages d'animaux.
- **Larbaâ Nath Irathen, Tirmatine et Timizar Loghbar** : Le choix de ces villages s'explique par la présence d'anciennes maisons en argile servant d'abris aux rongeurs,

de cultures traditionnelles détruites et d'une situation géographique favorable à la surveillance.

➤ **Tizi Ouzou (Cité Bekkar, Hassnaoua) et Sidi Naâmane** : L'observation d'indices témoignant de la présence de rongeurs, tels que des crottes, a été un facteur déterminant dans la sélection de ces stations.

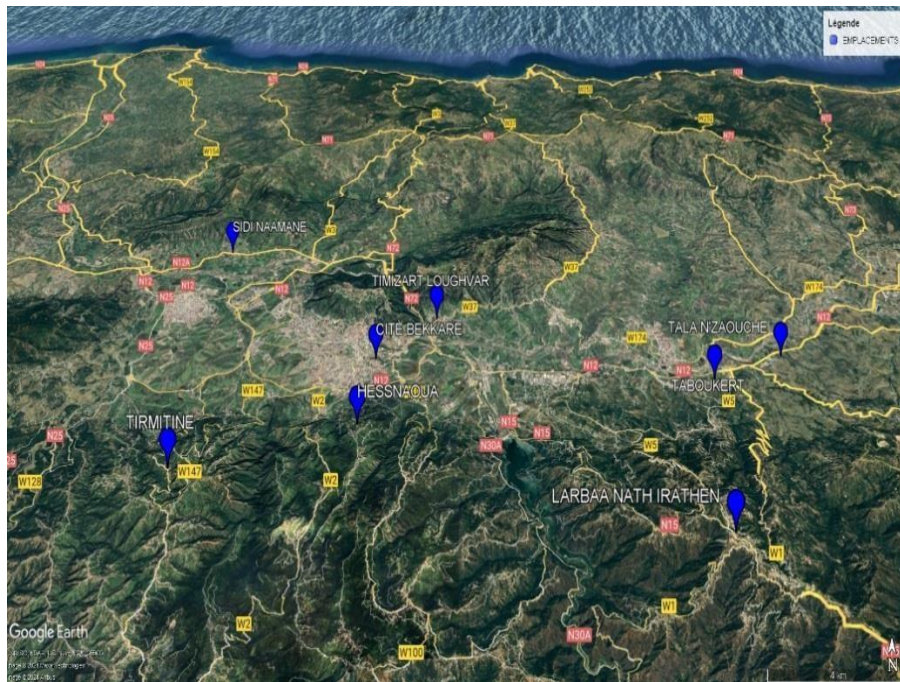


Figure 09 : Carte représente les stations d'échantillonnages (Google Earth, 2024)



Figure 10 : Différents stations d'échantillonnages (Originale, 2024)

La localisation géographique des 8 stations sont illustrés dans le tableau 03.

Tableau 03 : Localisations des stations d'échantillonnages

| Station d'étude | Latitude | Longitude |
|------------------------|--------------|-------------|
| 1. Taboukert | 36°71'13.0"N | 4°19'62.9"E |
| 2. Larbaâ Nath Irathen | 36°38'34"N | 4°10'57"E |
| 3. Tirmatine | 36°39'39"N | 3°57'38"E |
| 4. cité Bekare | 36°42'20"N | 4°03'47"E |
| 5. Tala N'zaouche | 36°71'13.0"N | 4°19'62.9"E |
| 6. Hessnaoua | 36°42'30"N | 4°03'10"E |
| 7. Timizart Loghbar | 36°43'38"N | 4°05'57"E |
| 8. Sidi Naâmane | 36°46'05"N | 3°58'40"E |

II.2.2.-Méthodes utilisées sur le terrain

II.2.2.1.-Capturer des rongeurs

L'étude d'une population de rongeurs en environnement naturel peut être difficile lorsqu'il s'agit d'espèces mobiles, furtives, de petite taille ou nocturnes. Pour cela, nous avons utilisé deux méthodes de piégeage : les pièges Sherman et les pièges collants. La période de capture s'est déroulée de mars à juin 2024, à plusieurs reprises pendant toute la durée de l'étude. Les pièges sont déposés le soir et récupérés le lendemain.

II.2.2.1.1.-Pièges Sherman

Ces pièges ont été conçus pour capturer des animaux vivants. Leur conception légère offre l'avantage d'être facilement pliable à plat, ce qui simplifie leur stockage et leur transport sur le terrain. Cependant, ils présentent des inconvénients, étant sujets à être déplacés, voire détruits, par des prédateurs tels que les martres, les pékans, les renards (Souttou et *al.*, 2015).

Ce sont des boîtes en aluminium rectangulaires munies d'un mécanisme de porte basculante. Lorsque l'animal entre dans le piège pour attraper l'appât, il déclenche la fermeture de la porte derrière lui. Ces pièges permettent de capturer les individus vivants. Chacun a été appâté avec des morceaux de cachir, du thon ou du fromage, des aliments préférés des rongeurs, pour les attirer. Un total de 17 pièges (petite, moyen, grand) (Figure 11) a été déposé près des indices de présence dans différentes régions d'échantillonnage chaque soir et vérifié le matin de manière régulière pendant les 4 mois d'étude.



Figure 11 : Pièges Sherman de différentes taille (A) Petite, (B) moyen, (C) grand placé pour capturer les rongeurs (Originale, 2024)

II.2.2.1.2.-Pièges collants

Ce genre de pièges permet de capturer les animaux sans les endommager, Ils sont facilement transportables sur le terrain et sont économiques (Sekour et *al.*,2012). L'inconvénient de ces pièges est que, dans les zones où les vents de sable sont courants, ils deviennent inefficaces à cause de la poussière qui rend l'adhésif inutilisable ; Ils peuvent également capturer d'autres petits animaux, tels que des reptiles et des oiseaux (Alia et *al.*,2014).

Nous avons utilisé une substance adhésive très collante dans cette méthode. On a employé deux types de colles : celles prêtes à être disposée et celles que nous avons fabriquées en appliquant de la colle synthétique sur du plastique, puis sur du carton (Figure 12). Un appât est placé au centre du piège pour attirer l'animal.



Figure 12 : (A) piège collante placé, (B) piège collant capturé deux rongeurs (originale, 2024)

II.2.3.-Méthodes utilisées au laboratoire

II.2.3.1.-Identifications des rongeurs capturés

Après capture, les petits rongeurs sont ramenés au laboratoire, puis anesthésiés à l'aide d'un coton imbibé de chloroforme pour faciliter les manipulations. L'identification morphologique des spécimens capturés se base sur la morphologie corporelle et le sexe (Figure 13 et 14), en

utilisant un livre spécialisé intitulé "Mammifères d'Europe, d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient"

- **Morphologie corporelle**

L'utilisation des caractères externes pour l'identification permet de prendre en compte toutes les mensurations suivantes :

- **Longueur de la tête et corps (T+C)**

On place l'animal à plat sur le dos, sans l'étirer, puis on mesure la longueur du bout du nez à l'anus.

- **Longueur de la queue (Q)**

La longueur de la queue est prise à partir de l'anus jusqu'à l'extrémité du pinceau terminal.

- **Longueur de l'oreille (Or)**

La mesure de l'oreille se fait de l'échancrure antérieure du trou auditif jusqu'au point le plus éloigné du pavillon.



Figure 13 : Mensuration la queue d'un rongeur (Original, 2024)

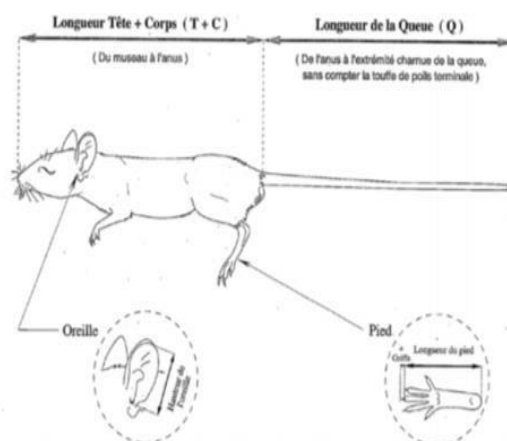


Figure 14 : Mensurations morphométriques prises sur les rongeurs (Beregere, 2003)

- **Le sexe**

Le sexe des rongeurs est déterminé par l'observation des orifices génitaux par rapport à l'anus, avec un clitoris développé et une fente génitale pour les femelles, tandis que les mâles ont le pénis plus éloigné.

II.2.3.2.-Dissection des petits rongeurs capturés

Une fois les petits rongeurs identifiés, nous avons procédé au prélèvement des organes nécessaires pour la recherche des parasites *Leishmania*, à savoir l'oreille, la rate et le foie. L'oreille est découpée à l'aide de ciseaux et placée directement dans des tubes Eppendorf. Quant au foie et à la rate, leur prélèvement nécessite une dissection de l'animal (Figure 15). Tout d'abord, les petits rongeurs sont fixés sur la planche à dissection en position dorsale à l'aide d'épingles placées dans leurs pattes, ce qui facilite les manipulations. Ensuite, la peau est délicatement découpée à l'aide de ciseaux fins et fixée sur la planche. De manière similaire, le tissu conjonctif est séparé avec précaution et fixé de la même manière que la peau. Par la suite, les organes internes sont exposés, permettant une observation aisée. À l'aide d'une pince, le foie est prélevé et placé dans un flacon stérilisé. La rate est également prélevée et placée dans un tube Eppendorf stérile.

Enfin, de l'éthanol à 96° a été ajouté dans tous les tubes Eppendorf et les flacons stérilisés pour la conservation des organes. Sur chacun, le numéro d'identification de l'animale, le nom de l'organe, la date et la région d'échantillonnage ont été notés.

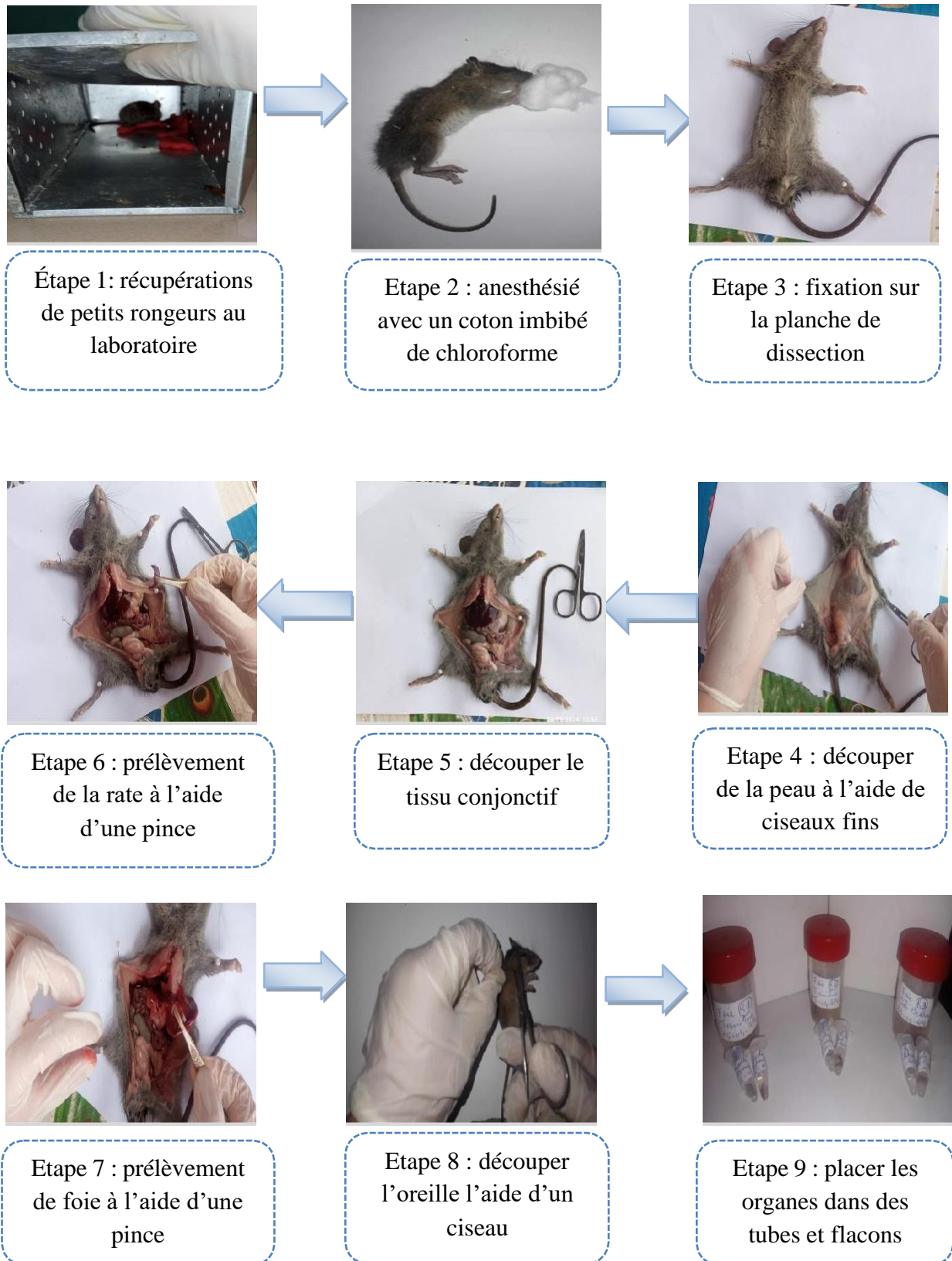


Figure 15: les étapes de la dissection des petits rongeurs (originale, 2024)

II.2.3.3.-Détections moléculaires de parasites *Leishmania* chez les rongeurs

II.2.3.3.1.-Extraction d'ADN

II.2.3.3.1.1.-La Lyse cellulaire

Après avoir pesé les rats, foies et oreilles de 28 rongeurs, 10 mg de chaque organe sont prélevés et placés dans des tubes Eppendorf secs. Ensuite, 200 µL de TE, 20 µL de protéase K pour la digestion des protéines présentes dans la solution, ainsi que 20 µL d'ARNase pour la dégradation des ARN, sont ajoutés. Un broyage a été réalisé différemment selon le type de tissu : pour les rats et les foies, il a été effectué à l'aide de pistons stériles, tandis que pour les oreilles, elles étaient écrasées à l'aide de bistouri stériles et pipettes Pasteur. Ensuite, un tampon de lyse de 200 µL et du SDS sont ajoutés, et les solutions sont soigneusement mélangées à l'aide d'un vortex. Les tubes sont ensuite incubés dans un bain-marie à 56 °C pendant une nuit.

II.2.3.3.1.2.-La déprotéinisation

Après la lyse cellulaire sous une hôte chimique, on procède à la déprotéinisation pour séparer l'ADN des autres composants cellulaires. Pour cette étape, on ajoute du phénol/chloroforme/alcool isoamylique (25v/24v/1v) à chacun des 28 échantillons préparés pour chaque organe (rate, foie, oreille). Le mélange est agité pendant 2 à 3 minutes jusqu'à l'obtention d'un mélange laiteux, on laisse agir pendant 5 minutes sur la paillasse. On centrifuge à 13000 g pendant 10 minutes à 4°C. Après centrifugation, on récupère soigneusement la phase supérieure contenant l'ADN sans aspirer l'interphase, et on la transfère dans un nouveau tube Eppendorf stérile.

II.2.3.3.1.3.-La précipitation

Pour précipiter l'ADN, on ajoute de l'acétate de sodium et 500 µl d'éthanol absolu à chaque tube. L'ADN précipite sous forme de filaments blanchâtres appelés méduse. Après centrifugation à 12000 g à 4°C pendant 15 minutes, le surnageant est jeté. On ajoute ensuite 500 µl d'éthanol à 70% au culot pour éliminer les sels, puis on centrifuge à nouveau à 12000g pendant 15 minutes. Le culot est ensuite laissé sécher à température ambiante toute la nuit. Le lendemain, un volume de 50 µl de TE (Tris-EDTA) est ajouté pour hydrater l'ADN, afin d'effectuer le dosage de la concentration d'ADN (Figure 16)..



Figure 16 : Protocole d'extraction d'ADN (Originale, 2024)

II.2.3.3.2.-Dosage de l'ADN

Après l'extraction de l'ADN, il est essentiel d'évaluer sa qualité et sa quantité. Cela est réalisé par un dosage à l'aide d'un Nanodrop, un spectrophotomètre utilisé pour mesurer la concentration et la pureté des acides nucléiques et des protéines. Cette méthode nécessite seulement une petite quantité d'échantillon (1-2 μ l) et permet d'obtenir des mesures rapides et précises.

On dépose 2 μ l d'ADN purifié sur la surface optique du Nanodrop (figure 17). Le logiciel intégré calcule automatiquement la concentration d'ADN dans l'échantillon en fonction de l'absorbance mesurée. Cette concentration est exprimée en nanogrammes par microlitre (ng/ μ l). Il permet également d'évaluer la qualité des échantillons. Le rapport 260/280 évalue la présence de contaminations protéiques, tandis que le rapport 260/230 évalue la présence d'autres contaminants, comme le phénol, dans les extraits d'ADN.

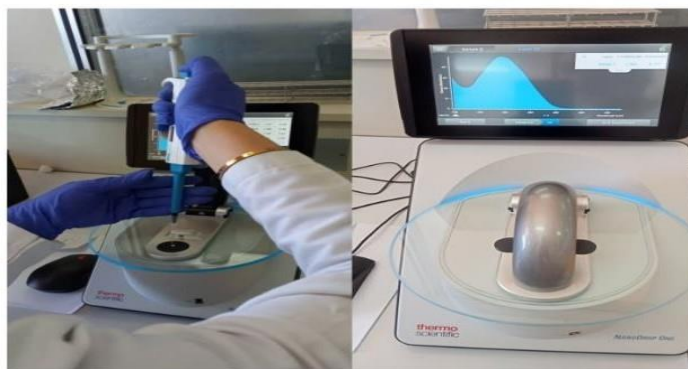


Figure 17 : Dosage des extraits d'ADN par le Nanodrop (Original, 2024)

II.2.3.3.3.-La PCR (polymerasechainreaction)

La réaction en chaîne par polymérase (PCR) est une méthode permettant d'amplifier *in vitro* une séquence particulière d'acide nucléique. En utilisant des amorces nucléiques et une ADN polymérase, cette technique répète les cycles d'élongation pour produire une quantité suffisante du fragment d'ADN ciblé, facilitant ainsi sa détection et son étude (Mullis, 1985).

Chaque PCR nécessite un protocole distinct, déterminé par les amorces et les réactifs utilisés. Dans le cadre de notre étude, nous avons ciblé la région ITS1 (Internal Transcribed Spacer 1) (tableau 4), qui est une séquence non codante de l'ADN ribosomal entre les gènes ARN ribosomiques. Ce gène est employé pour l'identification des espèces de *Leishmania* grâce à sa variabilité élevée entre les espèces, permettant une distinction précise entre elles, ce qui est crucial pour le diagnostic, le traitement et la surveillance des infections à *Leishmania* (Schonien et *al.*, 2003).

Tableau 4 : Caractéristique de l'ITS1

| ADN cible | Nom de l'amorce | Taille de la séquence | Séquences d'amorces | Références |
|-----------|----------------------|-----------------------|---|-------------------------|
| ITS1 | LITSR(F) L5.8S(R) | 300-350 pb | 5'-CTGGATCATTTTCCGATG-3' 5'-TGATACCACTTATCGCACTTA-3' | (Schonien et al., 2003) |

(F)=forward amorce, (R)=reverse amorce

II. 2.3.3.3.1.-Préparation de Mix

La préparation du mix pour la PCR-ITS1 se fait dans des conditions aseptiques, généralement dans une hotte bio-carp pour éviter toute contamination. Le mélange réactionnel est composé des produits suivants : de l'eau, une solution Q, du tampon réactionnel, du MgCl₂, l'amorce forward et reverse de l'amorce, les dNTP et la Taq polymérase, ainsi que l'ADN extrait. Les témoins négatifs et positifs sont ajoutés pour chaque PCR (Figure 18).



Figure 18 : Préparation de mix (Original, 2024)

Après avoir préparé et distribué le mélange réactionnel, les microtubes sont placés dans le thermocycleur (Figure 19), programmé selon les spécificités du gène cible (Tableau 5).

La PCR se déroule en trois phases :

-La phase de dénaturation (95°C) : Cette étape dénature l'ADN double brin en brins simples en rompant les liaisons hydrogène entre les bases complémentaires.

-La phase d'hybridation (température variable) : Durant cette étape, les amorces s'hybrident à leurs séquences complémentaires.

-La phase d'Élongation (72°C) : L'ADN polymérase étend les amorces, synthétisant ainsi de nouveaux brins d'ADN

À la fin de chaque cycle de PCR, la quantité d'ADN cible est doublée, assurant une amplification exponentielle. Le programme de l'amplification utilisé dans notre étude est le suivant :

Tableau 5 : Programme du thermocycleur pour ITS1

| Programme | | |
|-----------------------|-------------|-------|
| Paramètre | Température | Temps |
| Dénaturation initiale | 95°C | 5min |
| Dénaturation | 95°C | 20sec |
| Hybridation | 53°C | 30sec |
| Élongation | 72°C | 1min |
| Élongation finale | 72°C | 6min |

} X35 cycles

**Figure 19** : Programmation de Thermocycleur (Originale, 2024)

II.2.3.3.3.1.-Révélation des produits PCR par électrophorèse sur gel d'agarose

L'électrophorèse sur gel d'agarose permet l'analyse de la présence et de la taille des acides nucléiques dans un échantillon. Ces acides nucléiques se déplacent à travers le gel sous l'effet d'un champ électrique et sont visualisés grâce au bromure d'éthidium, un colorant fluorescent qui émet de la lumière lorsqu'il est exposé aux rayons UV.

- **Préparation du gel d'agarose**

Un gel d'agarose 1% a été préparé en mélangeant 1 g d'agarose avec 100 ml de TAE 1X (Tris Acétate EDTA). Le mélange est chauffé dans un micro-onde jusqu'à ce qu'il devienne liquide et limpide. 6 µl de bromure d'éthidium (BET) sont par la suite ajoutés, puis le gel est coulé dans la cuve après avoir placé les peignes.

Après polymérisation du gel, 5 µl de produit PCR (ADN), sont déposés dans des puits. Les trois derniers puits sont réservés pour le témoin positif (+), le témoin négatif (-) et le marqueur de poids moléculaire. Une tension de 95 V a été appliquée pendant 20 minutes de

migration. Quand le colorant de charge arrive à proximité du front de migration le générateur est éteint. La révélation des bandes d'ADN se fait par le trans illuminateur (Figure 20).

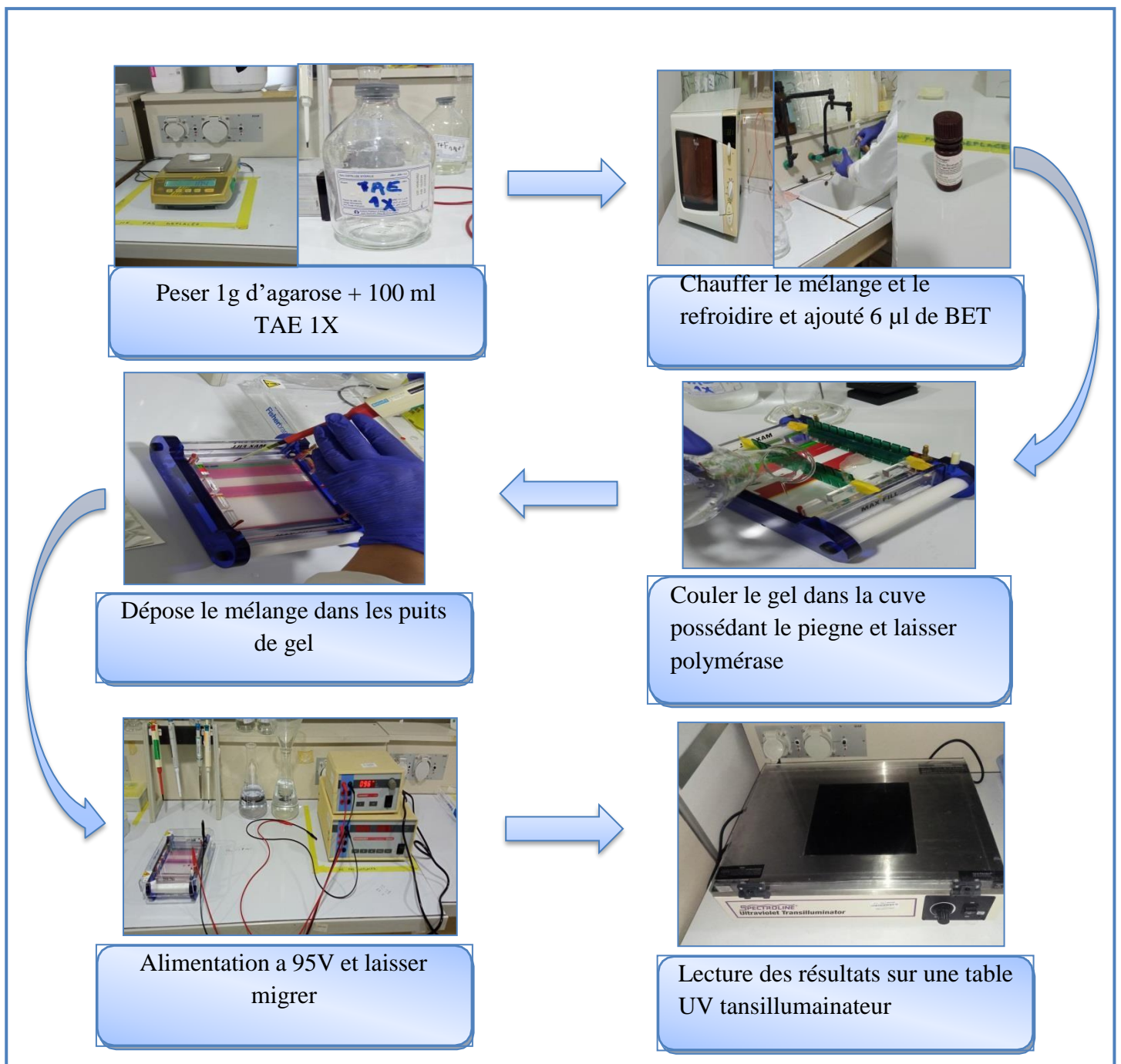


Figure 20 : Protocole d'électrophorèse sur gel d'agarose (Original ,2024)

Chapitre III

Résultats

Dans ce chapitre, nous avons exposé les résultats temporels de LC et LV, recensés par la DSP de Tizi-Ouzou durant les dix dernières années, de 2013 à 2023. Ensuite nous avons analysé les données climatiques enregistrées durant 2013 et 2023 dans la wilaya de Tizi-Ouzou selon l'ONM, ainsi que le nombre de rongeurs capturés sur le terrain et les résultats de la PCR.

III.1.-Évolution temporelle des cas de LC et de LV enregistrées entre 2013 et 2023 dans la Région de Tizi-Ouzou

L'évolution des cas de LC et de LV enregistrés et rapportés par les REM de la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période de 2013 à 2023 est documentée dans la figure 21.

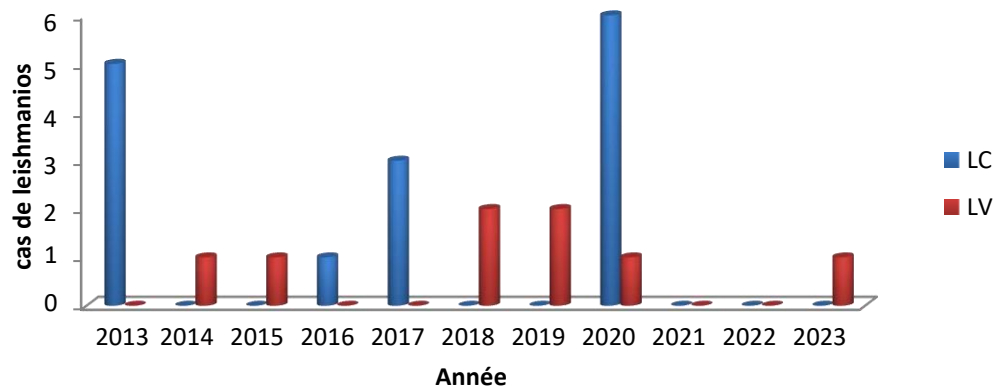


Figure 21 : Évolution temporelle de la LC et LV au fil du temps (2013-2023)

Les résultats indiquent que l'année 2020 a enregistré le plus grand nombre de cas de LC, avec 6 cas, suivi de 2013 et 2017 avec 5 et 3 cas respectivement. Un seul cas a été signalé en 2016, tandis qu'aucun cas n'a été enregistré dans les autres années. Pour la LV, les années 2018 et 2019 ont présenté le nombre le plus élevé de cas, avec 2 cas chaque année, suivi d'un seul cas en 2014, 2015, 2020 et 2023, et aucun cas les autres années. Les tendances des deux maladies ne sont pas similaires, suggérant que la leishmaniose cutanée sera plus fréquente que la leishmaniose viscérale dans la région de Tizi-Ouzou entre 2013 et 2023.

III.2.-Analyse des données climatologiques enregistrées entre 2013 et 2023 dans la région de Tizi ousou

III.2.1.-La température

Le graphique suivant illustre les variations des températures moyennes annuelles enregistrées dans la région de Tizi-Ouzou entre 2013 et 2023 (Figure 22).

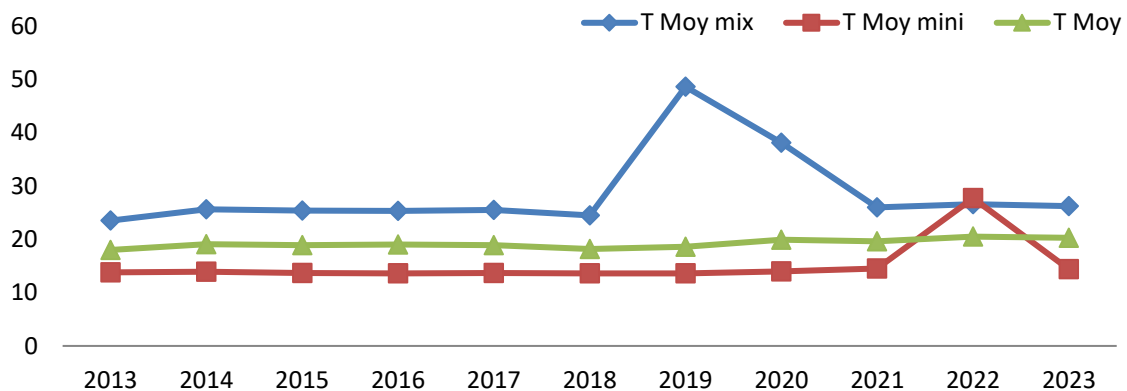


Figure 22 : les valeurs annuelles des températures moyennes durant 2013-2023

Les températures moyennes annuelles dans la région de Tizi-Ouzou ont connu des variations de 2013 à 2023. La température maximale moyenne (ligne bleue) reste relativement stable autour de 25°C, avec un pic exceptionnel de 48,6°C en 2019. La température maximale moyenne dans la wilaya de Tizi-Ouzou durant les années de notre étude à l'exception de 2019 et 2020 est très favorable au développement des phlébotomes vecteur et les petits animaux. En dehors de l'année 2022 qui a enregistré une température de 27,7°C favorable aux phlébotomes, les températures minimales moyennes (ligne rouge) oscille autour de 14°C. La température moyenne globale (ligne verte) montre des températures modérées non favorable aux développements des phlébotomes et les petits rongeurs, passant de 18°C en 2013 à 20,3°C en 2023.

III.2.2.-Les précipitations

Le graphique suivant illustre les valeurs annuelles des précipitations moyennes de la région de Tizi-Ouzou de 2013 à 2023 (Figure 23)

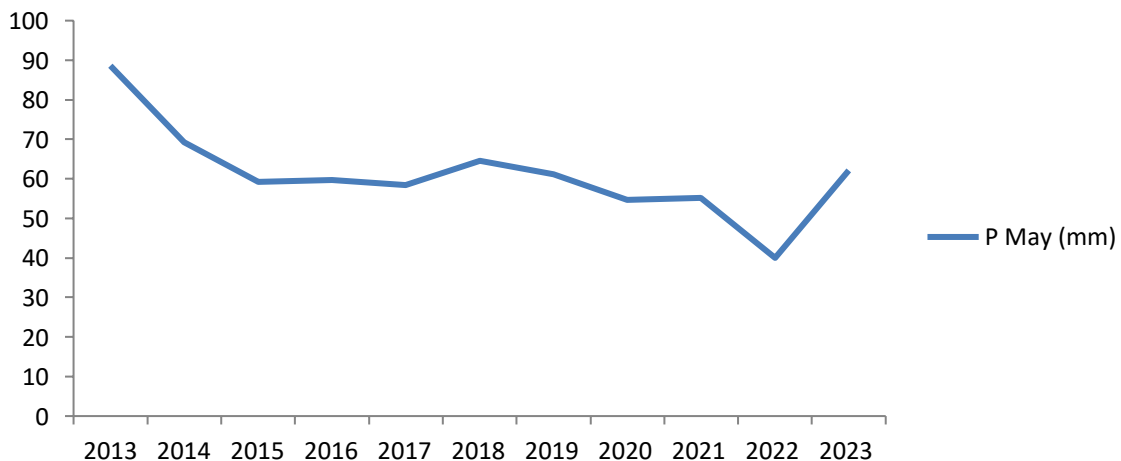


Figure 23 : Les valeurs annuelles des précipitations moyennes durant 2013-2023

Le graphique présente les précipitations moyennes annuelles dans la région de Tizi-Ouzou de 2013 à 2023. Les données montrent une tendance générale à la baisse des précipitations au cours de cette période. En 2013, la région a enregistré une moyenne de 88,6 mm de précipitations, mais cette valeur a diminué de manière significative pour atteindre son point le plus bas de 40,0 mm en 2022. Quelques fluctuations sont observées, avec des hausses ponctuelles en 2018 et 2023, atteignant respectivement 64,5 mm et 62,2 mm. Cette diminution globale des précipitations pourrait être attribuée aux changements climatiques et pourrait avoir des conséquences importantes sur l'agriculture, les ressources en eau et de l'écosystème local de la région et par conséquent sur la dynamique de population des rongeurs réservoirs.

III.2.3.-L'humidité

Le graphique suivant illustre les valeurs annuelles de l'humidité moyenne de la région de Tizi-Ouzou de 2013 à 2023 (figure 24).

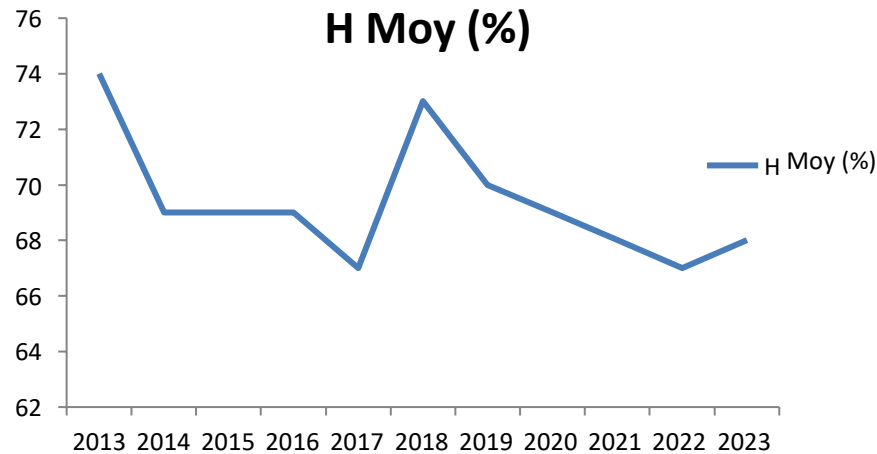


Figure 24 : Les valeurs annuelles de l'humidité moyenne durant 2013-2023

Après analyse des données du graphe , nous observons que l'humidité moyenne annuelle dans la région de Tizi-Ouzou a subi plusieurs variations de 2013 à 2023. L'humidité était relativement élevée en 2013 avec 74%, puis a baissé progressivement pour atteindre 67% en 2016 et 2017. En 2018, un pic notable a été enregistré à 73%, suivi d'une nouvelle diminution, atteignant 67% en 2021. En 2022, l'humidité moyenne a légèrement augmenté à 68% et s'est maintenue à ce niveau en 2023. Ces fluctuations suggèrent des changements climatiques dans la région, avec des périodes plus sèches et d'autres plus humides favorables aux différents composants du cycle de transmission des leishmanioses.

III.2.4.-Le vent

Le graphique suivant illustre les valeurs annuelles de la vitesse moyennes enregistrées dans la région de Tizi-Ouzou entre 2013 et 2023 (figure 25) .

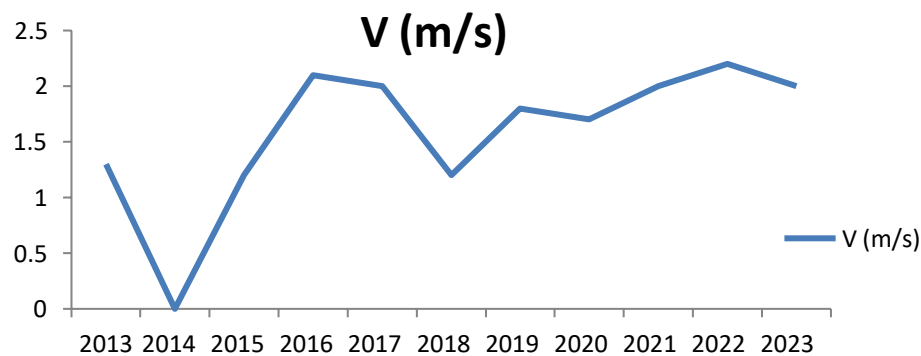


Figure 25 : Les valeurs annuelles de vent moyen durant 2013-2023

Les valeurs annuelles de la vitesse moyenne du vent à Tizi-Ouzou entre 2013 et 2023 montrent des variations significatives. La vitesse du vent a atteint un minimum inhabituel de 0,0 m/s en 2014, suggérant une possible anomalie de mesure. De 2014 à 2016, la vitesse moyenne a fortement augmenté pour atteindre un pic de 2,1 m/s. Ensuite, les valeurs se sont stabilisées entre 1,2 m/s et 2,2 m/s, avec des pics notables en 2016, 2017, 2021 et 2022. Ces variations indiquent des fluctuations climatiques importantes dans la région influençant l'évolution des rongeurs et les vecteurs de la maladie.

III.3.- Etude des rongeurs capturés dans la wilaya de Tizi-Ouzou

III.3.1.-Répartition des rongeurs selon le site de piégeage

Au cours de notre étude nous avons capturé un total de 28 rongeurs à l'aide de pièges Sherman et de pièges collants répartis sur 8 sites d'échantillonnage. Les résultats de ces captures sont résumés dans (Figure 26) ci-dessous :

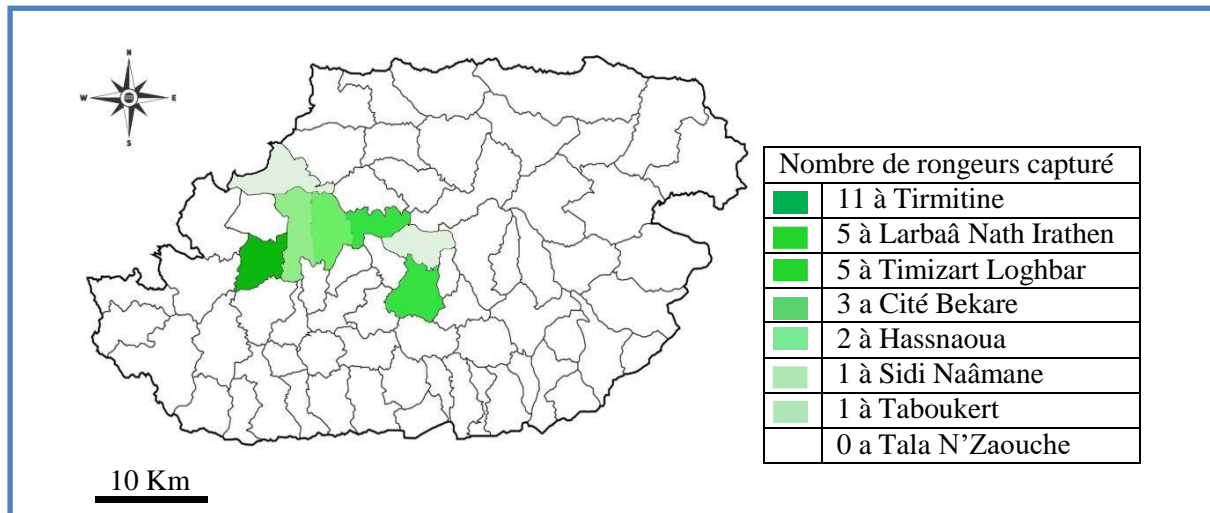


Figure 26 : Répartition des rongeurs selon le site de capture (<https://gifex.com>, 2023) modifié.

III.3.2.-Répartition des rongeurs selon le type des pièges

Au cours de notre étude nous avons utilisé deux types de pièges : les pièges Sherman et les pièges collants. Les résultats de capture des rongeurs avec ces deux types de pièges sont résumés dans le tableau 12 ci-dessus :

Tableau 6 : Résultat de capture des rongeurs selon le type des pièges

| Type des piège | | Nombre de rongeurs capturé |
|-----------------|----------|----------------------------|
| Pièges Sherman | Petite | 9 |
| | Moyen | 11 |
| | Grande | 6 |
| Pièges collante | Fabriqué | 2 |
| | Préparé | 0 |

Les résultats présentés dans le tableau montrent clairement que les pièges Sherman ont été plus efficaces que les pièges collants. Les tailles moyenne et petite des pièges Sherman ont respectivement capturé 11 et 9 rongeurs, tandis que la taille grande en a capturé 6. En revanche, les pièges collants ont montré une efficacité limitée avec seulement 2 rongeurs.

III.3.3.-Identification morphologique des rongeurs

III.3.3.1.-Selon la morphologie corporelle

La morphométrie est un critère très important pour faire la distinction au sein des espèces de même genre. Le tableau 7 présente les mensurations corporelles des rongeurs capturées dans les sites d'échantillonnage.

Tableau 7 : Mensurations corporelles des rongeurs capturées dans les sites d'échantillonnages

| N° | Queue (mm) | Corps + Tête (mm) | Oreille (mm) | N° | Queue (mm) | Corps + Tête (mm) | Oreille (mm) |
|----|---------------|----------------------|-----------------|----|---------------|----------------------|-----------------|
| 1 | 80 | 70 | 12 | 15 | 65 | 67 | 13 |
| 2 | 75 | 70 | 11 | 16 | 195 | 201 | 18 |
| 3 | 70 | 70 | 11 | 17 | 124 | 120 | 19 |
| 4 | 68 | 60 | 10 | 18 | 70 | 65 | 11 |
| 5 | 66 | 58 | 11 | 19 | 130 | 125 | 20 |
| 6 | 70 | 65 | 11 | 20 | 55 | 65 | 11 |
| 7 | 120 | 110 | 18 | 21 | 60 | 70 | 12 |
| 8 | 30 | 40 | 7 | 22 | 132 | 126 | 20 |
| 9 | 75 | 68 | 12 | 23 | 55 | 65 | 11 |
| 10 | 68 | 65 | 11 | 24 | 75 | 70 | 12 |
| 11 | 72 | 75 | 12 | 25 | 65 | 60 | 10 |
| 12 | 55 | 40 | 9 | 26 | 80 | 75 | 12 |
| 13 | 55 | 45 | 9 | 27 | 50 | 60 | 11 |
| 14 | 55 | 45 | 8 | 28 | 55 | 65 | 11 |

III.3.3.2.-Selon le sexe

La répartition des rongeurs capturés est en faveur du sexe mâle avec un sexe ratio de 3 (figure 29).

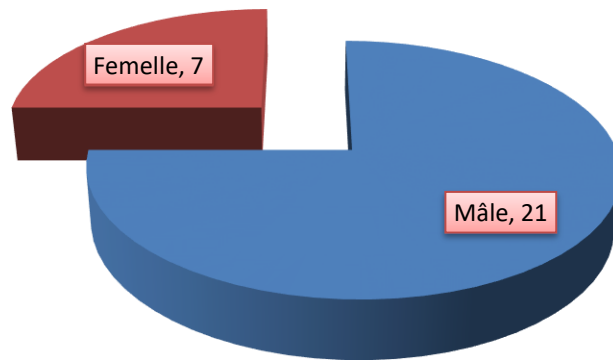


Figure 27 : Répartition des rongeurs capturés selon le sexe

III.3.3.3.-Selon l'espèce

L'identification morphologique a révélé la présence de cinq (05) espèces (Figure 31) : 16 Spécimens (soit 57,14%) appartenaient à l'espèce *Mus musculus*, 7 (soit 25%) appartenaient à l'espèce *Mus spretus*, 1 (soit 3,57%) appartenait à l'espèce *Lemniscomys barbarus*, 3 (soit 10,71%) appartenaient à l'espèce *Rattus rattus*, et 1 (soit 3,57%) appartenait à l'espèce *Rattus norvegicus* (Tableau 8) (Figure 28).

Tableau 8 : Répartition des espèces de rongeurs identifiés sur les sites d'échantillonnages

| | <i>Mus Musculus</i> | <i>Mus spretus</i> | <i>Lemniscomy barbarus</i> | <i>Rattus rattus</i> | <i>Ratus Norvegicus</i> |
|---------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Tirmitine | + | + | | + | |
| Larbaâ Nath Irathen | | + | + | + | + |
| Timizar Loghbar | + | + | | | |
| Cité Bekkare | + | + | | | |
| Hassnaoua | + | | | | |
| Sidi Naâmane | + | | | | |
| Taboukert | | | | + | |
| Tala N'zaouche | | | | | |

Nos résultats montre que les sites de Tirmitine et Larbaâ Nath Irathen se distinguent par leur diversité similaire en rongeurs, avec la présence des espèces *Mus musculus*, *Mus spretus*, et *Rattus rattus*. Tandis que Larbaâ Nath Irathen abrite deux espèces supplémentaires, *Lemniscomys barbarus* et *Rattus norvegicus*, ce qui en fait un site légèrement plus diversifié en rongeurs. Timizar Loghbar et Cité Bekkare, sont modérément diversifiés avec deux

espèces, tandis que Hassnaoua, Sidi Naâmane et Taboukert sont moins riches en diversité et en individus

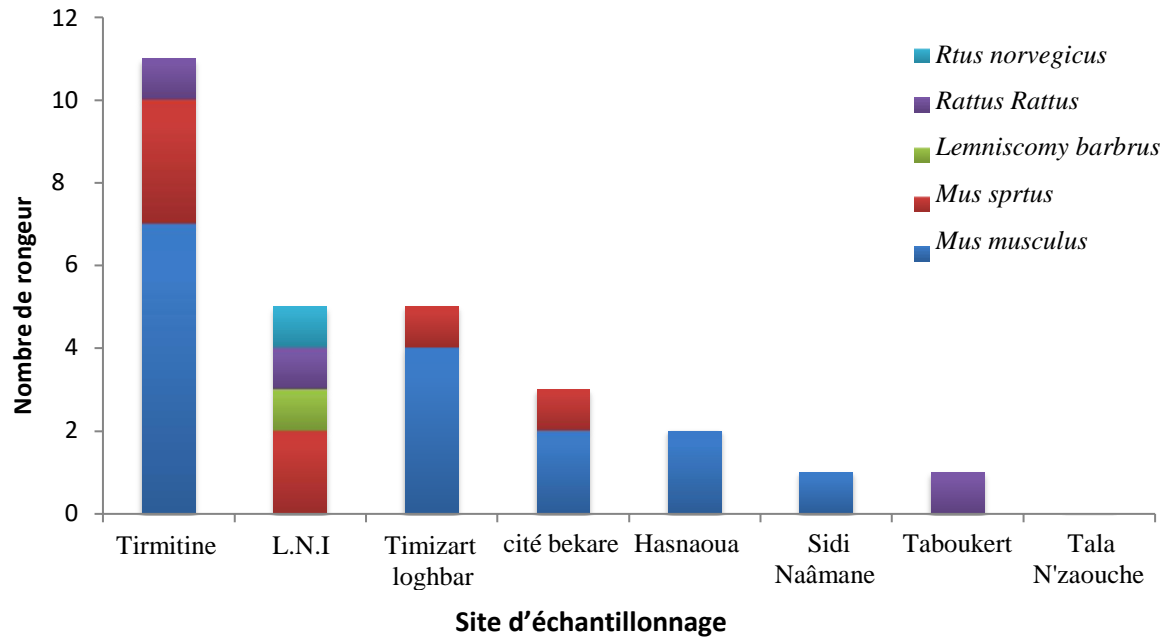


Figure 28 : Nombre de rongeurs capturés par site d'échantillonnage et par espèce

Les cinq espèces de rongeurs capturées dans les sites d'échantillonnages sont illustrées dans la figure 31.

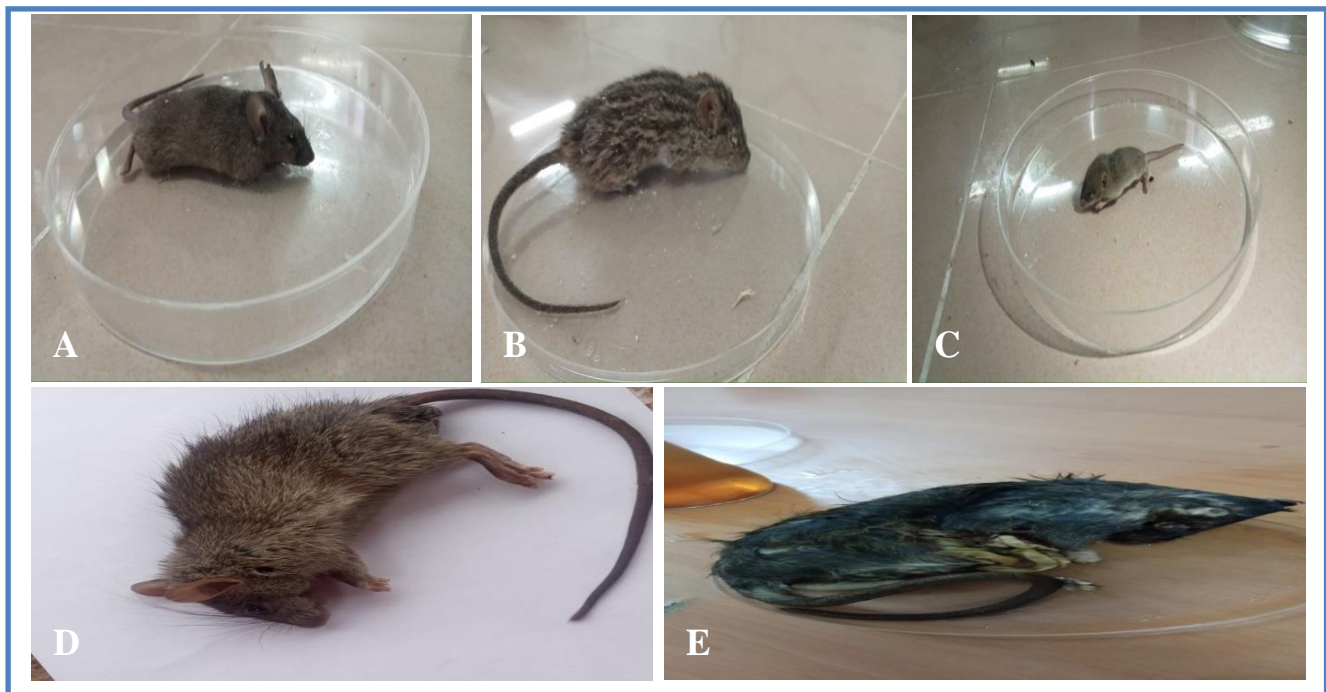


Figure 29: Photo de rongeurs capturés : (A) *Mus Musculus*, (B) *Lemniscomys barbarus*, (C) *Mus Musculus*, (D) *Rattus rattus*, (E) *Ratus norvegicus* (Originale, 2024)

III.4.-Etude moléculaire

III.4.1.-Dosage de d'ADN

L'analyse statistique de la distribution de la concentration des ADN extraits des différents organes montre que la concentration moyenne la plus élevée est observée au niveau de la rate avec une concentration de 1415ng/μL IC₉₅ [1143, 1688], suivie par le foie avec une concentration moyenne de 1036 ng/μL IC₉₅ [837,4, 1234] et enfin par les oreilles avec une concentration moyenne de 431,3 ng/μL IC₉₅ [365,8, 496,7]. Malgré ces différences statistiquement significatives, les concentrations d'ADN étaient très élevées (figure 30).

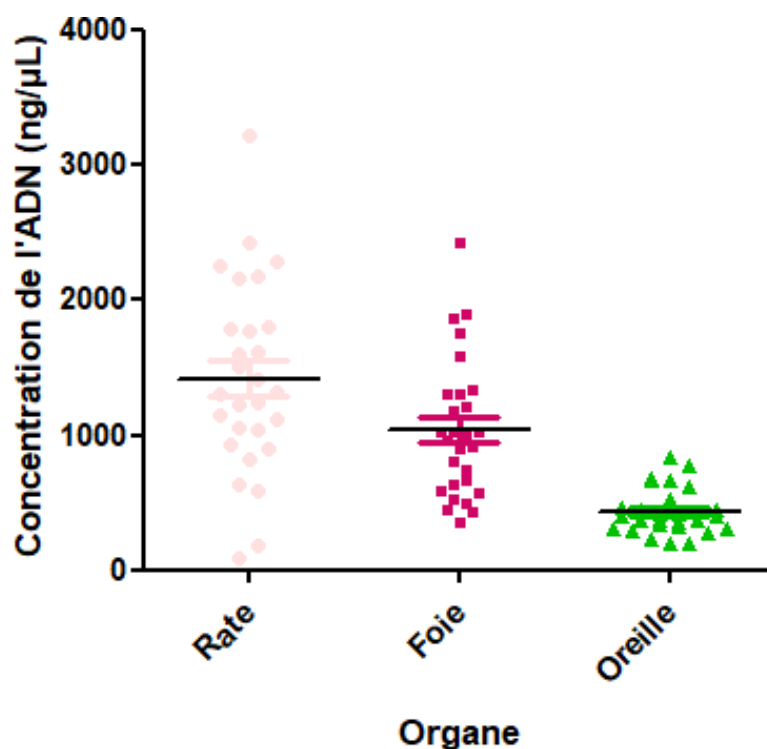


Figure 30 : Distribution de la concentration des ADN extraits des différents organes

III.4.2.-Evaluation de la qualité des extraits d'ADN

Le rapport 260/280 doit être compris entre 1,8 et 2 pour des extraits purs. Les valeurs du rapport 260/280 de l'ADN extrait chez les différents organes pour les 28 rongeurs montrent une qualité très haute et pur de l'ADN, variant entre 1,80 et 1,94 pour la Rate ; 1,86 et 1,97 pour le Foie et 1,71 et 1,94 pour les oreilles. De plus les analyses statistiques de la moyenne du rapport 260/280 chez les différents organes étaient : $1,89 \pm 0,03$ [1,88 ; 1,91] pour de la Rate ; $1,91 \pm 0,02$ [1,90; 1,92] pour le Foie et $1,98 \pm 0,04$ [1,87; 1,91] pour l'oreille (figure31,

A). Aucune contamination par des protéines ou par des ARN n'a été observé ($260/280 < 1,8$ indique une contamination par des protéines, et un rapport $260/280 > 2$ indique une contamination par l'ARN).

Des valeurs du rapport $260/230 > 2$ indiquent une contamination par le phénol. Les valeurs du rapport $260/280$ de l'ADN extrait chez les différents organes pour les 28 rongeurs montrent une légère contamination par le phénol, variant entre 1,46 et 2,64 pour la Rate ; 1,66 et 2,52 pour le Foie et 1,86 et 2,42 pour les oreilles (Figure 31, B).

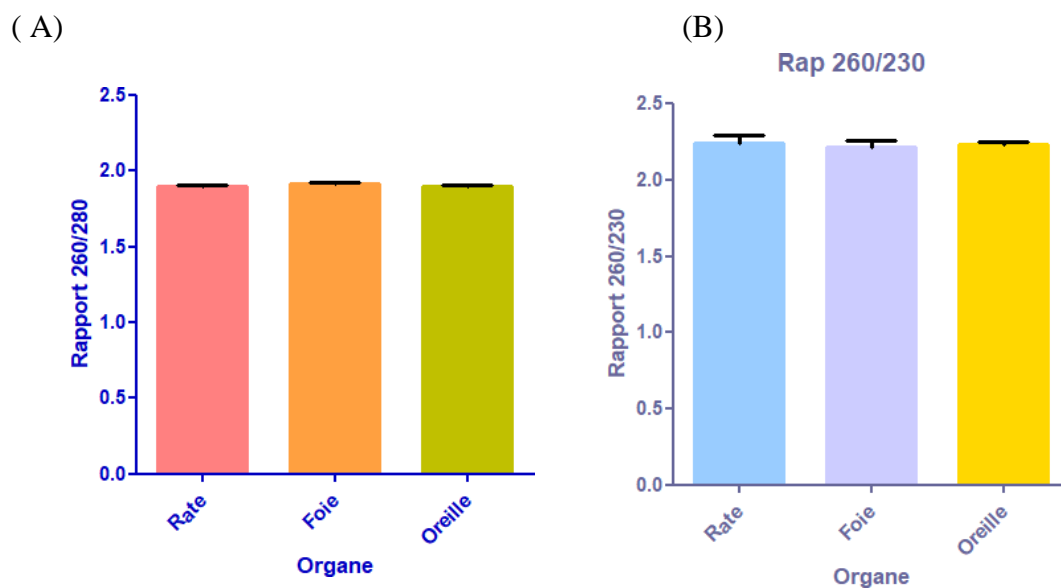


Figure 31 : Distribution du rapport 260/280 et 260/230 des ADN extraits des différents organes

III.4.3.- Détection par PCR de *Leishmania* chez les rongeurs de l'étude

84 PCR-ITS1 ont été réalisés sur les ADN extraits des 3 organes des rongeurs, à savoir la rate, le foie et l'oreille. Les résultats de la PCR ont montré que tous les échantillons étaient négatifs, indiquant qu'aucun rongeur n'était infecté par le parasite *Leishmania* (Figure 32). Les résultats obtenus par PCR effectué sur 28 ADN de Rongeurs (28 Foie, 28 rate, 28 oreilles) sont regroupés dans le tableau 19.

Tableau 9 : Résultats de la PCR-ITS1 chez les rongeurs

| Rongeur | Espèces | sexe | Régions | Résultat de la PCR | | |
|---------|-----------------------------|---------|---------------------|--------------------|---------|---------|
| | | | | Rate | Foie | Oreille |
| R1 | <i>Mus Musculus</i> | ♂ | Tirmitine | Négatif | Négatif | Négatif |
| R2 | <i>Mus Musculus</i> | | | Négatif | Négatif | Négatif |
| R3 | <i>Mus Musculus</i> | | Cité Bekkare | Négatif | Négatif | Négatif |
| R4 | <i>Mus Musculus</i> | | Tirmitine | Négatif | Négatif | Négatif |
| R5 | <i>Mus Musculus</i> | | | Négatif | Négatif | Négatif |
| R6 | <i>Mus Musculus</i> | | Hassnaoua | Négatif | Négatif | Négatif |
| R7 | <i>Lemniscomys barbarus</i> | | Larbaâ Nath Irathen | Négatif | Négatif | Négatif |
| R8 | <i>Mus spretus</i> | | | Négatif | Négatif | Négatif |
| R9 | <i>Mus Musculus</i> | | Hassnaoua | Négatif | Négatif | Négatif |
| R10 | <i>Mus Musculus</i> | | Tirmitine | Négatif | Négatif | Négatif |
| R11 | <i>Mus Musculus</i> | ♀ | Sidi Naâmane | Négatif | Négatif | Négatif |
| R12 | <i>Mus Musculus</i> | | Timizart Loughbar | Négatif | Négatif | Négatif |
| R13 | <i>Mus musculus</i> | | Tirmitine | Négatif | Négatif | Négatif |
| R14 | <i>Mus musculus</i> | Négatif | | Négatif | Négatif | |
| R15 | <i>Mus spretus</i> | ♂ | | Négatif | Négatif | Négatif |
| R16 | <i>Ratus norvegicus</i> | ♀ | Larbaâ Nath Irathen | Négatif | Négatif | Négatif |
| R17 | <i>Rattus rattus</i> | ♂ | Taboukirt | Négatif | Négatif | Négatif |
| R18 | <i>Mus musculus</i> | ♀ | Timizart Loughbar | Négatif | Négatif | Négatif |
| R19 | <i>Rattus rattus</i> | ♂ | Tirmitine | Négatif | Négatif | Négatif |
| R20 | <i>Mus spretus</i> | | | Négatif | Négatif | Négatif |
| R21 | <i>Mus spretus</i> | ♀ | Larbaâ Nath Irathen | Négatif | Négatif | Négatif |
| R22 | <i>Rattus rattus</i> | | | Négatif | Négatif | Négatif |
| R23 | <i>Mus spretus</i> | | Tirmitine | Négatif | Négatif | Négatif |
| R24 | <i>Mus musculus</i> | | Cité Bekkare | Négatif | Négatif | Négatif |

| | | | | | | |
|-----|---------------------|---|----------------------|---------|---------|---------|
| R25 | <i>Mus musculus</i> | ♂ | Timizart Loughbar | Négatif | Négatif | Négatif |
| R26 | <i>Mus musculus</i> | | | Négatif | Négatif | Négatif |
| R27 | <i>Mus spretus</i> | | | Négatif | Négatif | Négatif |
| R28 | <i>Mus spretus</i> | | Cité Bekkare | Négatif | Négatif | Négatif |

♂ : Mâle, ♀ : Femelle

Nous avons constaté aussi au cours de notre étude que l'amorce ITS1 non seulement détecte la présence de *Leishmania* (témoin positif ligne 1, puits 8 ; ligne 2, puits 2 et 9)) mais peut être utilisée dans l'identification moléculaire de quelques espèces de rongeurs. En effet la ligne 1, puits 4, 5, 6 et 7 montrent la présence d'une bande d'environ 800pb (figure 32). Cette constatation mérite d'être exploitée plus profondément.

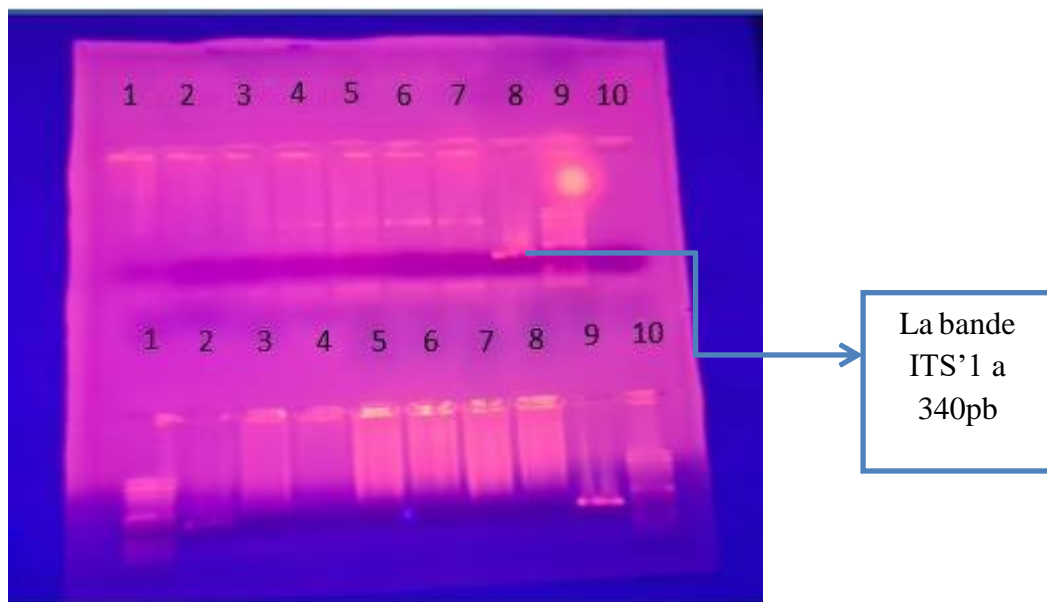


Figure 32 : Résultats de la PCR ITS'1 sur gel d'agarose. Première ligne les puits 1a 7 reflètent les pools, puits 8 reflètent témoin positif, puits 9 reflètent marqueur de taille, puits 10 reflètent témoin négatif. Ligne 2, les puits 1 et10 reflètent les marqueurs de taille, puits 2 et9 témoin positif. (Photo original. Sous UV).

Chapitre IV
Discussion

En plus de l'objectif principal de notre étude dans la détection moléculaire du parasite *Leishmania* chez les petits rongeurs dans la wilaya de Tizi-Ouzou, nous avons compilé d'autres éléments importants ayant un impact direct et indirecte sur la dynamique de population des rongeurs, des vecteurs et ainsi l'évolution des leishmanioses qui représente un vrai problème de santé publique en Algérie.

IV.1.-Évolution des cas de LC et de LV dans la région de Tizi-Ouzou

Sur une période de dix ans (2013-2023), la wilaya de Tizi Ouzou a enregistré 23 cas de leishmanioses, dont 15 cas de LC et 8 cas de LV. Nos résultats montrent que l'évolution de la LC a connu une diminution significative par rapport aux 69 cas signalés entre 2007 et 2017 par Sahraoui et Abed (2017). Deux pics ont été observés, avec 5 cas en 2013 et 6 cas en 2020. Cette baisse notable, pourrait être attribuée aux mesures prophylactiques et de lutte intégrée mises en place par la Direction de la Santé publique de la région et le Ministère de la santé d'une part et par le changement climatique comme la sécheresse qui a été bien constaté au cours de notre période d'étude.

Pour la LV, notre étude révèle une nette diminution des cas au contraire de ce qui a été rapporté par certains auteurs dans la même région. En effet, Kahil et Aït Idir (2016) ont rapporté 128 cas entre 2005 et 2015, tandis que Sahraoui et Abed (2017) ont observé 21 cas en 2017. La diminution marquée au cours des dix dernières années pourrait être attribuée aux mesures rigoureuses adoptées par les autorités locales, telles que la pulvérisation d'insecticides et la capture des chiens errants, visant à éradiquer cette zoonose.

IV.2.-Effet du climat sur le cycle de transmission du parasite dans la région de Tizi-Ouzou

Les données climatiques montrent des températures moyennes élevées, notamment en 2019 (48,6°C) et en 2022-2023 (26°C). Les cas de leishmaniose cutanée (LC) ont fluctué durant cette période, atteignant un pic en 2020 avec 6 cas, mais étaient absents lors des années les plus chaudes. En revanche, la leishmaniose viscérale (LV) a été plus stable, avec des cas sporadiques, même pendant les périodes de températures élevées. Nos résultats diffèrent de ceux de Fellahi (2022), qui a observé une augmentation des cas avec la hausse des températures, tandis que dans notre étude, les cas de LC ont diminué lors des années les plus chaudes. Cette différence peut s'expliquer par le fait que la région de

Tizi Ouzou a intensifié les mesures de lutte contre la leishmaniose.

Les précipitations moyennes annuelles montrent des fluctuations de 2013 à 2023, avec des valeurs allant de 40 mm (en 2022) à 88,6 mm (en 2013). Cependant, il n'y a pas de corrélation apparente entre les précipitations et les cas de leishmanioses cutanée (LC) et viscérale (LV) au cours de cette période. Ces résultats sont conformes à ceux de Nikonahad et *al.*, 2017, ainsi qu'aux résultats trouvés par Fellahi (2022) dans la région de Sétif, qui ont conclu à l'absence de relation entre les précipitations et les cas de leishmaniose.

Nos résultats indiquent que l'humidité moyenne annuelle à Tizi Ouzou a varié de 67% à 74% entre 2013 et 2023, et que la vitesse moyenne du vent a fluctué de 0,0 à 2,2 m/s. Ces valeurs sont supérieures à celles identifiées par Ramezankhani et *al.*, (2017), qui associent une forte incidence de leishmaniose cutanée (LC) à des conditions plus sèches et venteuses. Cependant, les données sur les cas de LC à Tizi Ouzou, présentant une grande variabilité interannuelle, ne montrent pas cette tendance. Les années les plus sèches (2014, 2015) ont enregistré une faible incidence de LC, mais des épidémies ont également eu lieu durant des années plus humides. Cela indique que, bien que le climat puisse influencer la transmission de la leishmaniose, il ne semble pas être le seul facteur déterminant. D'autres éléments comme la densité des populations de rongeurs réservoirs.

IV.3.-Les petits rongeurs dans la région de Tizi-Ouzou

Au cours de notre étude, 28 rongeurs appartenant à la famille des Muridae et à l'ordre des Rodentia ont été capturés dans 8 stations. Ces rongeurs représentaient cinq espèces : *Mus musculus*, *Mus spretus*, *Rattus rattus*, *Rattus norvegicus*, et *Lemniscomys barbarus*. En comparant ces résultats à d'autres travaux Amrouche-Larabi et *al.*, (2015) ont trouvé des espèces similaires dans la région de la Kabylie, tandis que Khammes et *al.*, (2016) ont également recensé *Mus musculus* et *Mus spretus* dans la Kabylie du Djurdjura. La richesse en espèces observée dans la région de Tizi-Ouzou s'explique par sa biodiversité. Cependant, nos résultats s'éloignent de ceux de Benikhlef et *al.*, (2021), qui ont identifié *Meriones shawi* et *Psammomys obesus* dans wilaya de M'Sila, soulignant ainsi des différences géographiques dans la répartition des espèces.

Selon cette étude, nous avons capturé 28 rongeurs dans 8 stations différentes, avec une variation significative du nombre de captures selon les sites : Tirmatine a enregistré le

plus grand nombre (39,3%), suivi par Larbaâ Nath Irathen et Timizart Loughbar (17,9% chacun), tandis que les sites Cité Bekkare, Hassnaoua, Sidi Naâmane, et Taboukert ont montré des taux de captures plus faibles (entre 3,6% à 10,7%), et aucun rongeur n'a été capturé à Tala N'zaouche. L'étude de Karakuş et *al.*, (2020) qui a capturé 712 rongeurs répartis sur 29 provinces, montre une répartition beaucoup plus large des captures. Cette différence peut s'expliquer par la couverture géographique plus étendue de leur étude, qui inclut une variété d'habitats et de conditions écologiques influençant la diversité et la densité des rongeurs, ainsi que par des différences dans la période de l'étude et les conditions locales spécifiques.

D'après nos résultats, les pièges Sherman, en particulier les modèles de taille moyenne et petite, ont montré une efficacité supérieure avec un total de 26 captures, comparativement aux pièges collants qui n'ont capturé que 2 rongeurs. Ces résultats sont cohérents avec ceux de Roware et *al.*, (2022), qui ont capturé 46 rongeurs, tandis que Benikhlef et *al.*, (2021) ont trouvé 445 rongeurs avec des pièges Sherman sur une période beaucoup plus longue que notre étude, qui s'est déroulée sur 4 mois. Ces résultats indiquent que l'efficacité des pièges Sherman, ainsi que leur adaptabilité à différentes conditions environnementales, les rendent plus appropriés pour les études épidémiologiques sur les rongeurs. En revanche, les pièges collants, qui dépendent d'un adhésif moins fiable sous des conditions météorologiques défavorables telles que le vent ou la pluie, augmentent le risque de capture accidentelle d'oiseaux et d'autres petits mammifères (Alia et *al.*, 2014).

Les résultats des mesures corporelles de nos rongeurs capturés varient d'un spécimen à un autre. *Mus musculus* présente une queue variant de 55 à 80 mm, une longueur de corps + tête (C+T) de 40 à 70 mm, et des oreilles de 10 à 12 mm et *Mus spretus* présente une queue variant de 30 à 65 mm, un C+T de 40 à 70 mm, et des oreilles plus longues, entre 7 et 13 mm. Ces dernières mesures sont conformes à celles trouvées par Khammes et *al.*, (2016) dans la Kabylie de Djurdjura. *Rattus rattus* est plus grand que ces souris domestiques, avec une longue queue de 124 à 132 mm, un C+T de 120 à 126 mm, et des oreilles de 19 à 20 mm. Ces résultats sont légèrement différents de ceux trouvés par Fellahi (2022), qui a rapporté une queue variant de 97,7 à 210 mm et un C+T de 132 à 255 mm dans la région de Sétif, probablement en raison des différences régionales. *Lemniscomys barbarus* possède une queue de 120 mm, un C+T de 110 mm, et des oreilles de 18 mm. Enfin, *Rattus norvegicus* se distingue par une queue très longue (195 mm), un

corps + tête de 201 mm, et des oreilles de 18 mm, ces résultats sont comparables aux mesures trouvées par Drouai et *al.* (2018), qui rapportent une queue de 206,03 mm, un C+T de 252,04 mm, et des oreilles de 20 mm.

L'analyse de la répartition des rongeurs capturés selon le sexe révèle une prédominance notable des mâles pour la plupart des espèces étudiées. En effet, pour *Mus musculus* 75 % des captures sont des mâles (12 mâles) contre 4 femelles soit 25 %. Une tendance similaire est observée chez *Mus spretus* avec 85,7 % de mâles (6 mâles) contre 14,3 % de femelles (1 femelle). Pour *Rattus rattus* les mâles représentent 66,7 % des captures (2 mâles) contre 33,3% de femelles (1 femelle). Enfin, les individus capturés de *Lemniscomys barbarus* et *Rattus norvegicus* se composent respectivement d'un mâle et d'une femelle. Ces résultats sont en accord partiel avec les observations d'Alia et *al.*, 2019 qui signalent une prépondérance des mâles pour *Mus musculus* et une majorité de femelles pour *Mus spretus*, contrairement à nos résultats qui montrent une plus grande proportion de mâles. De même, Kermadi et *al.*, 2010 à Ouargla notent que le nombre de mâles capturés est supérieur à celui des femelles pour les espèces *M. musculus*, *M. spretus* et *R. rattus* ce qui correspond à nos observations. La proportion plus élevée de mâles pourrait s'expliquer par des facteurs écologiques, tels que la période de gestation des femelles, qui les rendrait moins actives et donc moins susceptibles d'être capturées, tandis que les mâles seraient plus actifs pour chercher de la nourriture.

IV.4.-Détection moléculaire des petits rongeurs par *Leishmania*

Les résultats obtenus par PCR, effectuée sur 84 ADN de rongeurs (28 foies, 28 rates, 28 oreilles), se sont tous révélés négatifs. Cela pourrait être dû d'une part à la petite taille échantillonnale de notre étude d'une part et la période de nos captures. En effet, tous les captures ont été réalisées en dehors des périodes d'infection des phlébotomes généralement qui se situe entre le mois de juin et Septembre (Benikhlef et *al.*, 2021). En effet, ces résultats sont très éloignés de ceux trouvés par Karakus et *al.*, (2020) sur 712 rongeurs, dont 8 (1,12%) se sont révélés positifs en Turquie, avec 66 cas positifs de *L. major* dans la province de M'sila signalés par Benikhlef et *al.*, (2021), et de ceux de Navea-Pérez et *al.*, (2015) qui a trouvé 10 rongeurs positifs (27,02%) sur 37 en Europe.

Conclusion

Conclusion

La leishmaniose maladie parasitaire vectorielle, est un problème de santé publique de plus en plus préoccupant en Algérie. Les petits mammifères, en particulier les rongeurs, jouent un rôle crucial dans le maintien et la transmission de cette maladie. La présente étude, menée dans la wilaya de Tizi Ouzou, visait à évaluer le rôle des rongeurs en tant que réservoirs de *Leishmania* et à mieux comprendre l'épidémiologie de cette zoonose dans cette région.

L'étude de l'évolution des leishmanioses dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur la période 2013-2023 suggère une tendance à la baisse du nombre de cas de LC et de LV par rapport aux études épidémiologiques précédentes menées dans la région. L'analyse des données climatiques de l'ONM sur la période 2013-2023 montre des variations importantes des températures et des précipitations. Les années 2019, 2022 et 2023 ont été marquées par des températures plus élevées, mais il n'y a pas de lien direct entre ces hausses et le nombre de cas de leishmaniose cutanée. Cependant en 2020, une année où il a fait un peu moins chaud, on a enregistré le plus grand nombre de cas de LC, ce qui montre l'association entre les températures aux alentours de 25°C et l'infection par le parasite. Pour la LV, des actions de lutte intégrée contre la leishmaniose dans la région, pourraient expliquer la diminution globale du nombre de cas. Des corrélations statistiques des données de précipitation, de l'humidité et du vent méritent d'être mieux étudiées pour vérifier l'association de ces facteurs climatologique et la propagation de la maladie.

L'identification morphologique des spécimens capturés à Tizi-Ouzou a révélé que ces rongeurs appartenaient à la famille des *Muridae*, de l'ordre des *Rodentia*, représentant 5 espèces. Aucune infection de ces rongeurs n'a été constatée par l'utilisation de la PCR-ITS1. Cependant notre étude a révélé que l'amorce ITS1 pourrait être un bon marqueur dans l'identification de quelques espèces de rongeurs. Une étude plus approfondie de ce gène sur un plus grand échantillon est indispensable.

Cette étude souligne la complexité de l'épidémiologie de la leishmaniose dans la wilaya de Tizi-Ouzou. Bien que nos résultats n'aient pas confirmé la présence de *Leishmania* chez les rongeurs capturés, il est important de noter que les résultats négatifs pourraient être attribués au nombre limité d'échantillons, à la saison et à la période de l'étude. Ces facteurs pourraient avoir influencé la détection du parasite. Toutefois, ces résultats ouvrent la voie à de futures recherches qui devraient inclure une période d'échantillonnage plus longue et une couverture saisonnière plus large pour mieux comprendre le rôle des rongeurs et d'autres facteurs environnementaux dans la propagation de cette maladie dans la région.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

1. **Ait Idir M. S., Kahil S., (2016)** - Contribution à l'étude des phlébotomes (Diptera : Psychodidae) dans les régions de Illoula-Oumalou et Beni-Zmenzer (TiziOuzou). Mémoire Master. Université Mouloud Mammeri. Faculté des Sciences Biologique et Sciences Agronomiques, 96 p.
2. **Akhoundi M., Kuhls K., Cannet A., Votýpka J., Marty P., Delaunay P., Sereno D., (2016)** - Un aperçu historique de la classification, de l'évolution et de la dispersion des parasites et des phlébotomes de Leishmania. PLoS Neglected Tropical Diseases 1-40 p.
3. **Alia z., Sekour m., Tennech n., Soutou k., (2014)** - Contribution a l'étude la faune nuisible des cultures notamment les rongeurs sur quelques milieux agricoles dans la région du Souf, Séminaire nationale sur la biodiversité faunistique, Dép. zool. agri. for., Inst. Nati. Agro., El Harrach, Alger.
4. **Amrouche-Larabi L., Denys C., Boukhemza M., Bensidhoum M., Hamani A., Nicolas V., Khifer L. & Mamou R., (2015)** - Inventaire des petits vertébrés terrestres de quelques localités du Nord Algérien. Travaux de l'Institut Scientifique, Série Générale,8, 85-95.
5. **Aoun K., Amri F., Chouihi E., Haouas N., Bédoui K., Benikhlef R., Ghrab J., Babba H., Chahed MK., Harrat Z., (2008)** - Epidemiology of Leishmania (L.) infantum, L. major and L.killicki in Tunisia: results and analysis of the identification of 226 human and canine isolates 101(4), 323-8.
6. **Barchiche N. A., Madiou M., (2009)** - Recrudescence des leishmanioses cutanées : à propos de 213 cas dans la wilaya de Tizi-Ouzou. Pathologie Biologie 57, 65-70.
7. **Belazzoug S., (1983)** – Le nouveau foyer de leishmaniose cutanée de M'Sila (Algérie). Infestation natural de Psammonys obesus ;(Rongeur, Gerbillidea). Bulletin de la sociétéde Pathologie exotique, 76, 146-149p.
8. **Belazzoug S., (1986)** – Découverte d'un Meriones shawi (rongeur, gerbilé) naturellement Infesté par Leishmania dans le nouveau foyer de leishmaniose cutanée à Ksar Chellala (Algérie). Bulletin de La Société de Pathologie Exotique, 79(5), 630p
9. **Belkaid M., (2009)** - Description of Leishmania close to L killicki (Rioux, Lanotte et Pratlong, 1986) in Algeria; Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine
10. **Belkaid M ; Zenaid N ; Tabet-Derraz O., Hamrioui B., (1992)** - Cours de parasitologie (tome 1 Protozooses). Edition des publications universitaires (Département Médecine et Pharmacie) Algérie.
11. **Benikhlef R., Harrat Z., Toudjine M., Djerbouh A., Bendali-Braham S., Belkaid M., (2004)** - Présence de Leishmania infantum Mon-24 chez le chien. Médecine Tropicale.

Références bibliographiques

12. **Benikhlef R., Aoun K., Boudrissa A., Benabid M., Cherif K., Aissi W., Benrekta S., Boubidi S.C., Späth G.F., Bouratbine A., Sereno D., Harrat Z., (2021)** - Cutaneous Leishmaniasis in Algeria; highlight on the focus of M'Sila. *Microorganisms* 9-962
13. **Benmahdi F., (2018)** - Etude du réservoir de la leishmaniose cutanée dans deux écosystèmes différents (Ain-Skhouna Wilaya de Saida et Draa El-Mizan Wilaya de Tizi Ouzou). Thèse de Doctorat, Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Département d'Agronomie, 150p.
14. **Berengere B., (2003)** - Taxonomie et identification des Gerbillus (Rodentia, Mammalia) d'Afrique de l'Ouest. Université Pierre & Marie Curie, Paris VI, 36 p
15. **Bouaraba L., et Bosli H., (2023)** - Etude de la situation épidémiologique de la leishmaniose canine dans la région de Tizi-Ouzou. Mémoire fin d'étude, Université Mouloud Mammeri Tizi ousou, Faculté des Sciences Biologique et Science Agronomique, Algérie, 54p.
16. **Bouchaud O., Consigny P. H., Cot M., Le Loup G., Odermatt-Biays S., (2019)** - Médecine des voyages et tropicale : médecine des migrants, 4e, Elsevier Health Sciences, Paris, 428p.
17. **Bounoua, L., Kahime, K., Houti, L., Blakey, T., Ebi, K. L., Zhang, P., Imhoff, M. L., Thome, K. J., Dudek, C., Sahabi, S. A., Messouli, M., Makhoulf, B., El Laamrani, A., & Boumezzough, A. (2013)** - Lier le climat à l'incidence de la leishmaniose cutanée zoonotique (*L. major*) en Afrique du Nord présaharienne. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10, 3172-3191.
18. **Brahmi K., (2005)** - Place des insectes dans le régime alimentaire des mammifères dans la montagne de Bouzeguène (Grande Kabylie). Thèse de Magister, Institut National Agronomique – El Harrach, 298p.
19. **Carleton M.D., Musser G.G., (2005)** – Order Rodentia. In Wilson E., Reeder D.A., (eds): *Mammal Species of the world: a taxonomic and geographic reference*. Johns Hopkins University Press, Baltimore 2(1), 745-1599 p.
20. **Cherfi K., (2014)** - Etude épidémiologique de la leishmaniose cutanée dans le bassin du Honda (M'silla). Thèse Doctorat. Université Ferhat Abbas Sétif 1. Faculté des sciences de la Nature de la Vie, 197 p.

Références bibliographiques

21. **Dedet J.P., (1998)** - Les Leishmanioses. Collection Universités francophones. Paris, Ellipses, .253 p.
22. **Dedet J-P., Beranrd C., Nicole D., Gilles B., Laurence L., Francine P., (2013)** - Épidémiologie des leishmanioses autochtones en France métropolitaine et d'outre-mer, Presse Med : 01- 12p.
23. **Dereure J., (1999).** -Réservoirs de leishmanies. In : Dedet J. P. Les leishmanioses. Paris : Ed. Ellipses Marketing, 109-130.
24. **Dostálová A., et Volf P., (2012)** – Leishmania développement in sandflies : parasite-vector Interactions overview. Parasites et vectors, 5(1), 1-12.
25. **Drouai H., Belhamra M., et Mimeche F., (2018)-** Inventory and distribution of the rodents in Aurès Mountains and Ziban oasis (Northeast of Algeria). Anales de Biología, 40, 47-55p.
26. **Dvořak V., Shaw J. J., Volf, P., (2018)** - Biologie des parasites : les vecteurs. Dans Les leishmanioses : de vieilles maladies tropicales négligées, 31-77p.
27. **Eddaikra N., Ait-Oudhia K., Kherrachi I., Oury B., Moulti-Mati F., Benikhlef R., Sereno D., (2018)** – Antimony susceptibility of Leishmania isolates collected over a 30-year period in Algeria. PLoS neglected tropical diseases, 12(3).
28. **Eddaikra N., Wened Therachi I., Benbêtea S., Senikhet B., Mizal Z., Harra, G., (2011)** - Meriones shawi : Un nouveau modèle de rongeur pour la leishmaniose cutanée. Poster présenter à la Réunion Scientifique des Jeunes Chercheurs de l'Institut Pasteur et du Réseau International Pasteur, Paris, France.
29. **Fellah A., (2022)** - Thèse de doctorat. Inventaire biologie et écologie des rongeurs réservoirs de la leishmaniose cutanée zoonotique dans la région de Sétif, Université Ferhat Abbas-Sétif 1, Sétif, Algérie, 182p.
30. **Frahtia B., (2015)** – Détection moléculaire des leishmanioses à partir du genre phlebotomus (Dipetra, psychodidae) tendance vers la régression de la leishmaniose à Constantine. Thèse de doctorat, option : Entomologie. Université des Frères Mentouri Constantine, 141p.
31. **François P., (1990)** - Les phlébotomes et les leishmanioses en bolivie. Thèse de Doctorat, Université de Paris-Sud, Spécialité : Entomologie Médicale, France, 251p.
32. **Gaouaoui, R., Zeroual, S., & Boudjelida, H. (2017)** - Association entre les changements climatiques et l'incidence de la leishmaniose dans le district de Biskra, Algérie. Journal of Entomology and Zoology Studies, 5(6), 43-49. ISSN: 2320-7078 (E- ISSN), 2349-6800 (P-ISSN).

Références bibliographiques

33. **Harrat Z., Pralong F., Belazzoug S., Dereure J., Deniau M., Rioux J. A., Belkaid M., Dedet, J. P., (1996)** - *Leishmania infantum* and *L. major* in Algeria. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 90(6), 625–629.
34. **Hjira N., Frikh R., Marcil T., Lamsyah H., Oumakhir S., Baba N., Boui, M., (2014)** - Aspects épidémiocliniques et évolutifs chez 157 cas de leishmaniose cutanée au Maroc. *Pan African Medical Journal*, 17(272), 1-8.
35. **Izri A., Depaquit J., Parola P., (2006)** - Phlébotomes et transmission d'agents pathogènes autour du bassin méditerranéen. *Vecteur Trop. Med Trop* 2006 ; 66 : 429- 435p.
36. **Kadjoudj N., (2022)** - Etude bioécologique des insectes vecteurs des maladies parasitaires telles que la leishmaniose et virales à transmission vectorielle dans les régions subhumides et semi-arides. Thèse de Doctorat. Université Abdel Hafid Boussouf Mila, Institut de Science et Technologie, Algérie 228p.
37. **Karakuş M., Oktem M. A., Sözen M., Matur F., Çolak F., Nalçacı M., Özbely., Töz, S. (2020)** - Première détection et identification moléculaires des espèces de *Leishmania* chez de petits rongeurs sauvages de Turquie. *Parasitology*, 147(10),1088-1093p
38. **Karmaoui A., Ben Salem A., Séréno D., El Jaafari S., Hajji, L., (2022)** - Répartition géographique de *Meriones shawi*, *Psammomys obesus* et *Phlebotomus papatasi*, principaux réservoirs et principal vecteur de la leishmaniose cutanée zoonotique au Moyen-Orient et en Afrique du Nord. *Parasite Epidemiology and Control*, 17(1), 247p.
39. **Khammes N., Lek S., Aulagnier S., (2006)** - Identification biométrique des deux espèces sympatriques de souris *Mus musculus domesticus* et *Mus spretus* en Kabylie du Djurdjura (Algérie). *Revue suisse de Zoologie*, 113(2), 411-419p.
40. **Khidas K., (1993)** - Distribution des rongeurs en Kabylie du Djurdjura (Algérie). *Mammalia* 57 :207-212.
41. **Killick-Kendrick, R. (1990)** - Le cycle de vie de *Leishmania* chez le phlébotome avec une référence particulière à la forme infectieuse pour l'hôte vertébré. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée*, 65(1), 37-42.
42. **Köppen W., Volken E., Brönnimann S., (2011)** - The thermal zones of the earth according to the duration of hot, moderate and cold periods and to the impact of heat on the organic world (Translated from: *Die Wärmezonen der Erde, nach der Dauer der heissen, gemässigten und kalten Zeit und nach der Wirkung der Wärme auf die organische*

Références bibliographiques

- Welt betrachtet. Meteorol Z, 1884(1), 215-226. Meteorologische zeitschrift. 20(3), 351-360.
43. **Larivière M., (1987)** - Parasitologie médicale. Ellipses Marketing, Paris. 2 38 p.
44. **Léger N., Depaquit J., (2001)** - Les phlébotomes et leur rôle dans la transmission des leishmanioses. Revue Française des Laboratoires, 338p.
45. **Louarn H. et Quere J.P. (2003)** - Les rongeurs de France. Faunistique et biologie. 2^{ème} édition revue et augmentée. Inra Edition, Versailles, 159p.
46. **Louarn H. et Quéré J.P. (2003)** - Les rongeurs de France. Faunistique et biologie. INRA, Paris, 203 p.
47. **Louzir H., Aoun K., Spath G F., Laouin D., Prina E., Victoir K., Bouratbine A., (2013)** - Les leishmanioses vues au travers du réseau international des Instituts Pasteur. Med Sci, 29 (12), 1151-1160.
48. **Meksi S.G., (2012)** - Cours les leishmanioses. 2012
49. **Mellano S., (2016)** - La leishmaniose canine et humaine à *Leishmania infantum* en France. Thèses Doctorat. Université Toulouse III Paul Sabatier. Faculté des Sciences Pharmaceutiques, 112 p.
50. **Mokni M., (2019)** – Leishmanioses cutanées. In Annales de Dermatologie et de Vénérologie Elsevier Masson, 146, 232-246.
51. **Nikonahad A., Khorshidi A., Ghaffari HR., Miri M., Amarloei A., Mohammadi A., (2017)** - A time series analysis of environmental and meteorological factors impacts on cutaneous leishmaniasis incidence in an endemic area of Dehloran, Iran. Environ Sci Pollut Res Int 24–23.
52. **OMS., (1999)** - Système d'Information Géographique : cartographie et surveillance épidémiologique 1999. Weekly Epidemiol Rec hebdomadaire ; 74 : 281-288 p.
53. **OMS., (2014)** - Manuel pour la prise en charge de la leishmaniose cutanée dans la Région OMS de la Méditerranée orientale. Bureau régional de la Méditerranée orientale. ISBN 978-92-9021-945-3.
54. **Petit Didier E., (2015)** – La PSA (Promastigote Surface Antigène) soluble de *Leishmania* induit, Sous forme recombinante ou peptidique, une réponse immune protectrice chez le chien. Mémoire de Master, École pratique des hautes études, France. 147p.
55. **Quéré J.P et Le Louarn H., (2011)** - Les rongeurs de France. Faunistique et biologie. 3^{ème} édition revue et augmentée. Inra Edition, Versailles, 311p.

Références bibliographiques

56. **Ramezankhani R, Hosseini A, Sajjadi N, Khoshabi M, Ramezankhani A. (2017)** - Environmental risk factors for the incidence of cutaneous leishmaniasis in an endemic area of Iran: a GIS-based approach. *Spat Spatio-temporal Epidemiol* 21:57-66.
57. **Rhamirich O., (2012)** - Les leishmanioses : actualité thérapeutique. Université Mohammed v – Soussi, Rabat, thèse de doctorat en pharmacie, Maroc.89-51p.
58. **Ripert C., et Pajot F. X., (1996)** – Epidémiologie des maladies parasitaires : Protozooses et Helminthoses : réservoirs, vecteurs et transmission. Tome1 : Protozooses. Cachan : Editions Médicales internationales, France,303-312.
59. **Rostan O., (2013).** -Place de l'interleukine-33 dans la réponse immunitaire du foie au cours de la leishmaniose viscérale. Thèse de doctorat Université de RENNES, Bretagne, 21p.
60. **Sahraoui M., Abed H., (2017)** - Etude rétrospective de la leishmaniose humaine à Tizi-Ouzou durant 10 ans (2007/2017). Projet de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de docteur vétérinaire. Université Saad Dahlab-Blida1. Institut des Sciences Vétérinaires-Blida, 75 p.
61. **Sax DF.,et Brown JH., (2004)** - The paradox of invasion.*Global Ecology and Biogeography A Journal of Macroecology* Volume9, Issue5, 363-371.
62. **Schonien G., Nasereddin A., Dinse N., SchwEynoch C., Schallig H., Presber W., Jaffe CL. (2003)** - PCR diagnosis and characterization of *Leishmania* in local and imported clinical samples. *Diagnostic Microbiol. Infec. Dis.*, 47, 349-358.
63. **Sekour m., Souttou k., Benyoucef I., (2012)** - Essai de quelques méthodes d'inventaires des rongeurs dans les milieux sahariens : Discordance et faisabilité. Journée de restitution du projet Tassili, E.N.S.A., El Harrach (orale présentation, non publié).
64. **Souttou K., Sekour M., Ababsa L., Guezoul O., Gouisseem K., Doumandji, S., (2014)** - parametres biométriques des rongeurs recensés dans un milieu semi-aride à Djelfa (Algérie). *Revue des Bio Ressources*, 4(1), 29-40.
65. **Souttou K., Sekour M., Ababsa L., Guezoul O., Gouisseem K., Doumandji, S., (2014)** - parametres biométriques des rongeurs recensés dans un milieu semi-arideà Djelfa (Algérie). *Revue des Bio Ressources*, 4(1), 29-40p.
66. **Souttou, K., Manaa, A., Sekour, M., Ababsa, L., Guezoul, O., Bakria, M., Doumandji, S., & Denys, C. (2015)** -Sélection des proies par la chouette effraie *Tyto alba* et le hibou moyen-duc *Asio otus* dans un milieu agricole à El Mâalba (Djelfa, Algérie). *Lebanese Science Journal*, 16(2), 3–12.

Références bibliographiques

67. **Tebbiche D., et Lateb B., (2020)** - Etude spatio-temporelle des phlébotomes (Diptera : Psychodidae) dans la région de Tizi-Ouzou. Mémoire de Master, Université de Tizi-Ouzou 60p
68. **Tomas-Perez M., Khaldi M., Riera C., Mozo-Leon D., Ribas A., Hide M., Barech G., Benyettou M., Seghiri K., Doudou S., Fisa R., (2014)** - First report of natural infection in hedgehogs with *Leishmania major*, a possible reservoir of zoonotic cutaneous leishmaniasis in Algeria. *Veterinary Parasitology*, 202(3-4), 160-163.
69. **Vilà M., et Weiner J., (2004)** - Are invasive plant species better competitors than native plant species? – Evidence from pair-wise experiments. *Oikos* 105 : 229–238.
70. **Wilso D., et Reeder D.M. (2005)** - Mammals species of the world, a taxonomic and geographic reference. 3rd edition, Smithsonian Institution Press, Washington and London, 2142 p.
71. **Zeroual A., (2022)** - La leishmaniose au Maroc : Présentation, Epidémiologie et Stratégies de lutte. Thèse Doctorat. Université de Bordeaux. Faculté des sciences pharmaceutiques.

Résumé

Les rongeurs sont des hôtes potentiels dans la transmission de diverses maladies, dont la leishmaniose, causée par le parasite *Leishmania* et transmise par la piqûre de phlébotomes. Cette étude, menée de mars à juin 2024, a pour objectif principal d'évaluer la présence de *Leishmania* chez les petits rongeurs dans la wilaya de Tizi-Ouzou, tout en prenant en compte l'influence des facteurs environnementaux sur la dynamique des rongeurs et des vecteurs. Nous avons analysé les données des cas de leishmaniose enregistrés entre 2013 et 2023 par la DSP, ainsi que les conditions climatiques fournies par l'ONM sur la même période et capturé des rongeurs avec des pièges Sherman et collante.

Au total, 28 rongeurs appartenant à 5 espèces ont été capturés, identifiés (*Mus musculus*, *Mus spretus*, *Rattus rattus*, *Lemniscomys barbarus* et *Rattus norvegicus*) et soumis à des tests PCR-ITS1 sur l'ADN extrait de la rate, du foie et de l'oreille. Les 84 tests PCR réalisés ont tous été négatifs pour la détection de *Leishmania*. Toutefois, des bandes d'environ 800 pb ont été observées dans certains échantillons, suggérant que l'amorce ITS1 pourrait également être utilisée pour l'identification moléculaire des espèces de rongeurs. Cette découverte mérite d'être explorée davantage.

Mots clés : Petits rongeurs ; Leishmaniose cutanée ; Leishmaniose viscérale ; PCR ITS1 ; Région de Tizi-Ouzou.

Summary

Rodents are potential hosts for various diseases, including leishmaniasis, caused by the parasite *Leishmania* and transmitted by the bite of sandflies. The main aim of this study, conducted from March to June 2024, was to assess the presence of *Leishmania* in small rodents in the wilaya of Tizi-Ouzou, while taking into account the influence of environmental factors on rodent and vector dynamics. We analysed data on cases of leishmaniasis recorded between 2013 and 2023 by the DSP, as well as climatic conditions provided by the ONM over the same period, and captured rodents using Sherman and sticky traps.

A total of 28 rodents belonging to 5 species were captured, identified (*Mus musculus*, *Mus spretus*, *Rattus rattus*, *Lemniscomys barbarus* and *Rattus norvegicus*) and subjected to PCR-ITS1 tests on DNA extracted from the spleen, liver and ear. All 84 PCR tests performed were negative for the detection of *Leishmania*. However, bands of around 800 bp were observed in some samples, suggesting that the ITS1 primer could also be used for the molecular identification of rodent species. This discovery deserves to be explored further.

Key words: Small rodents; Cutaneous leishmaniasis; Visceral leishmaniasis; ITS1 PCR; Tizi-Ouzou region.

ملخص

تعتبر القوارض عوائل محتملة لمختلف الأمراض، بما في ذلك داء الليشمانيا الذي يسببه طفيلي الليشمانيا وينتقل عن طريق لدغة ذبابة الرمل. كان الهدف الرئيسي من هذه الدراسة، التي أجريت في الفترة من مارس إلى يونيو 2024، هو تقييم وجود الليشمانيا في القوارض الصغيرة في ولاية تيزي وزو، مع الأخذ بعين الاعتبار تأثير العوامل البيئية على ديناميكيات القوارض وناقلات المرض. قمنا بتحليل البيانات المتعلقة بحالات داء الليشمانيا المسجلة بين عامي 2013 و2023 من قبل مديرية الصحة العمومية، وكذلك الظروف المناخية التي قدمها المكتب الوطني لمكافحة داء الليشمانيات خلال نفس الفترة، وقمنا بجمع القوارض باستخدام مصائد شيرمان والفخاخ اللاصقة.

تم اصطياد ما مجموعه 28 قارضًا تنتمي إلى 5 أنواع من القوارض وتم تحديد هويتها (*Mus musculus*)، *Mus spretus*، *Rattus rattus*، *Lemniscomys barbarous* و *Rattus norvegicus* وتم إخضاعها لاختبارات PCR- ITS1 على الحمض النووي المستخرج من الطحال والكبد والأذن. كانت جميع اختبارات تفاعل البوليميراز المتسلسل ال 84 التي أجريت سلبية للكشف عن الليشمانيا. ومع ذلك، لوحظ وجود نطاقات تبلغ حوالي 800 نقطة في بعض العينات، مما يشير إلى أنه يمكن أيضًا استخدام برايمر ITS1 في التحديد الجزيئي لأنواع القوارض. يستحق هذا الاكتشاف المزيد من البحث.

الكلمات المفتاحية: القوارض الصغيرة؛ داء الليشمانيات الجلدي؛ داء الليشمانيات الحشوي؛ ITS1 PCR؛ منطقة تيزي وزو.